



MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE,
DES FINANCES
ET DE LA SOUVERAINETÉ
INDUSTRIELLE ET NUMÉRIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Enjeux macroéconomiques et budgétaires de la neutralité carbone

AOÛT 2022

Selma MAHFOUZ
Charles MURCIANO
Thomas BRAND
Aude COSTA de BEAUREGARD

Inspection générale
des finances



RAPPORT PUBLIC

N° 2022-M-037-04

**ENJEUX MACROÉCONOMIQUES ET BUDGÉTAIRES
DE LA NEUTRALITÉ CARBONE**

Établi par

CHARLES MURCIANO

Inspecteur des finances

THOMAS BRAND

Inspecteur des finances

AUDE COSTA DE BEAUREGARD

Inspectrice des finances

Sous la supervision de

SELMA MAHFOUZ

Inspectrice générale des finances

- AOÛT 2022 -

SYNTHÈSE

En **France**, les évaluations macroéconomiques de la deuxième stratégie nationale bas-carbone publiée en 2020 concluaient à l'existence d'un « **double dividende** » à **long terme**, l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 entraînant une hausse du PIB (de l'ordre de 3,5 %) et la création nette d'emplois (entre 700 000 et 880 000) par rapport à un scénario à mesures climatiques inchangées. Dans son dernier rapport, le **GIEC** estime quant à lui, sur la base de la littérature internationale, que les **effets de la décarbonation sur le PIB mondial**, que leur sens soit positif ou négatif, devraient être **faibles** à long terme.

Mais **cette perspective** d'effets modérés sur le PIB, voire de gains macroéconomiques associés à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, **n'est pas acquise**. Elle dépend du **contexte économique** dans lequel les mesures sont mises en œuvre. Le resserrement des contraintes de financement pourrait par exemple réduire le gain de PIB attendu en France en conséquence des politiques d'atténuation. De même, les **effets sur l'emploi à court et moyen terme** d'une mesure d'interdiction de vente des véhicules thermiques neufs en 2035 sont tributaires de l'évolution – favorable ou défavorable – du surcoût des véhicules électriques pour les ménages.

Par ailleurs, même si les impacts de l'atteinte de la neutralité carbone sur le PIB sont de second ordre, les **risques pour les finances publiques** sont tangibles. En répliquant la méthode d'évaluation de l'Office for Budget Responsibility britannique, la mission a illustré l'éventualité de tels risques pour la France, découlant principalement d'une perte de recettes fiscales liées en particulier aux énergies fossiles ainsi que de la prise en charge par la puissance publique d'une partie des dépenses d'investissement supplémentaires.

Dans ce contexte, **le besoin de pilotage macroéconomique et budgétaire des politiques bas-carbone est manifeste**. La mission estime que ce dernier devrait être renforcé à très court terme, en particulier à l'occasion de la préparation de la stratégie française énergie-climat, de la prochaine stratégie nationale bas-carbone à horizon 2024 et à la faveur de la mise en place du secrétariat général à la planification écologique.

Même s'ils sont perfectibles, **la France dispose déjà des outils utiles** à un tel renforcement du pilotage, notamment en matière d'évaluation **macroéconomique**. De ce point de vue, elle est même **mieux dotée que d'autres administrations étrangères** dont les pratiques ont été documentées par la mission au Royaume-Uni, en Allemagne, au Danemark et à la Commission européenne.

En revanche, le pilotage macro-budgétaire actuel des politiques climatiques d'atténuation se distingue par **le rôle relativement faible joué par le ministère chargé de l'économie et des finances** et, face à l'incertitude enveloppant la plupart des effets de la transition bas-carbone et à laquelle l'ensemble des administrations européennes et internationales auditionnées sont confrontées, le recours **limité à des outils d'évaluation stylisés**.

La mission formule donc **cinq propositions opérationnelles** visant à renforcer à court terme le pilotage macroéconomique et budgétaire des politiques d'atténuation en France. Leur mise en œuvre, qui a vocation à s'inscrire dans la préparation de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat, pourrait intervenir **dès l'automne 2022**.

PROPOSITIONS

Proposition n° 1 : Renforcer la prise en compte des évaluations macroéconomiques lors de la préparation de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat, de la SNBC 3 ainsi que des projets de lois et de décrets mettant en œuvre cette stratégie.

Proposition n° 2 : Formaliser une initiative associant l'administration et des organismes de recherche en macroéconomie du climat afin de poursuivre l'amélioration des modèles utiles à l'évaluation des politiques bas-carbone et mettre en œuvre une feuille de route interministérielle des améliorations prioritaires des modèles.

Proposition n° 3 : Créer, au ministère chargé de l'économie et des finances, une capacité interne d'évaluation macroéconomique des politiques visant la neutralité carbone en privilégiant la prise en main des modèles macroclimatiques existants à la construction d'un nouveau modèle.

Proposition n° 4 : Malgré l'incertitude enveloppant les effets macroéconomiques des politiques de neutralité carbone, encourager l'évaluation de ces politiques en recourant à des outils d'évaluation stylisés.

Proposition n° 5 : Renforcer le pilotage des effets pluriannuels sur les finances publiques des politiques d'atténuation inscrites dans la loi de programmation relative à l'énergie et au climat ainsi que dans la SNBC 3.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
1. LA PERSPECTIVE D'UN « DOUBLE DIVIDENDE » DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET D'ACCROISSEMENT DE L'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE A OCCULTÉ LE BESOIN DE PILOTAGE MACROÉCONOMIQUE ET BUDGÉTAIRE DES POLITIQUES CLIMATIQUES.....	2
1.1. Les évaluations macroéconomiques de la deuxième stratégie nationale bas-carbone (SNBC) concluent à l'existence d'un double dividende à long terme, qui s'inscrit dans la continuité de la littérature internationale	2
1.1.1. <i>Les évaluations ex ante de la SNBC 2 mettent en évidence un double dividende associé aux politiques bas-carbone et suggèrent l'absence de risque pour les finances publiques.....</i>	<i>2</i>
1.1.2. <i>Ce double dividende associé à la SNBC 2 reflète les résultats de la littérature internationale, y compris s'appuyant sur des études ex post.....</i>	<i>4</i>
1.2. Dans ce contexte, et compte tenu du rehaussement des objectifs européens à horizon 2030, l'administration française a ciblé sa stratégie sur les risques de non-atteinte des objectifs de baisse d'émissions	5
1.3. Pourtant, plusieurs risques associés à la conduite de la transition bas-carbone peuvent remettre en cause l'ampleur, voire l'existence, du double dividende et soulignent le besoin de pilotage macroéconomique des politiques de transition 8	8
1.3.1. <i>Dans le contexte d'une transition retardée, le coût macroéconomique induit par les risques de transition pourrait être de même ampleur en 2050 que celui des risques physiques liés au réchauffement.....</i>	<i>8</i>
1.3.2. <i>Le choix de l'instrument permettant de mener les politiques de transition bas-carbone façonne leurs conséquences macroéconomiques</i>	<i>10</i>
1.3.3. <i>Comme l'illustrent les variantes ad hoc sollicitées par la mission auprès de trois équipes de modélisation, le double dividende est fragilisé par des hypothèses macroéconomiques moins favorables</i>	<i>11</i>
1.4. Même si les conséquences de la neutralité carbone sur le PIB sont de faible ampleur, elles peuvent emporter une dégradation des finances publiques.....	13
2. LE PILOTAGE DISJOINT DES POLITIQUES MACROÉCONOMIQUES ET BUDGÉTAIRES ET DES POLITIQUES CLIMATIQUES D'ATTÉNUATION DOIT ÊTRE CORRIGÉ	16
2.1. Les conséquences macroéconomiques des politiques de transition sont insuffisamment prises en compte dans la conception de la SNBC alors que la France est relativement mieux dotée que ses voisins européens en outils d'évaluation	16
2.1.1. <i>Comme dans la plupart des pays examinés par la mission, en France, les évaluations macroéconomiques des politiques bas-carbone ne rétroagissent pas sur le contenu de ces politiques.....</i>	<i>16</i>
2.1.2. <i>La France est bien dotée en outils macroéconomiques mais l'administration, en particulier de l'économie et des finances, s'en saisit encore insuffisamment.....</i>	<i>19</i>
2.1.3. <i>L'implication du ministère chargé de l'économie et des finances dans le pilotage macroéconomique des politiques bas-carbone doit être renforcée,</i>	

<i>y compris en mobilisant des outils stylisés ou des études ciblées, à l'instar d'autres pays européens</i>	26
2.2. La SNBC 3 qui découlera de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat pourra difficilement être mise en cohérence avec la prochaine loi de programmation des finances publiques (LPFP).....	29
2.2.1. <i>La SNBC 2 se prêtait difficilement à l'évaluation budgétaire tandis que les impacts de la SNBC 3 – en cours de préparation – sur les finances publiques ne font à ce stade l'objet d'aucun chiffrage</i>	29
2.2.2. <i>Les hypothèses de croissance potentielle, qui serviront notamment à construire la prochaine LPFP, pourraient davantage prendre en compte les effets des politiques d'atténuation</i>	31

INTRODUCTION

Par lettre du 22 avril 2022, le ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance et le ministre délégué auprès du ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance chargé des Comptes publics ont confié à l'Inspection générale des finances (IGF) une mission relative au développement des outils nécessaires au pilotage macroéconomique et budgétaire en lien avec les objectifs climatiques.

Consacrés aux seules politiques climatiques visant à atteindre la cible de zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050¹ (politiques dites « d'atténuation »), les travaux de la mission se sont inscrits dans un double contexte. D'une part, le rehaussement à -55 % de la cible de réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre en 2030 par rapport aux niveaux de 1990, d'initiative européenne, doit s'intégrer dans les travaux préparant la prochaine loi de programmation relative à l'énergie et au climat, qui sera adoptée au plus tard en juillet 2023². Cette dernière fixera le cadre auquel la future stratégie nationale bas-carbone (SNBC) devra s'arrimer. D'autre part, la macroéconomie du climat a pu récemment être remise en cause quant à sa capacité d'analyse des conséquences de l'atteinte de la neutralité carbone³. En avril dernier, France Stratégie a donc constitué des groupes de travail prospectifs afin d'identifier, à horizon 2023, des pistes d'amélioration des modèles macroéconomiques et de leur utilisation. La mission a participé à ces groupes de travail afin que ses travaux s'articulent au mieux avec les réflexions déjà engagées.

Les propositions de la mission, portant à la fois sur les outils de pilotage macroéconomique et budgétaire des politiques bas-carbone, ont été conçues dans une logique opérationnelle. Leur mise en œuvre pourrait intervenir dès l'automne 2022. Ces recommandations résultent d'une triple méthodologie d'investigation :

- ◆ des simulations macroéconomiques ont été sollicitées gracieusement auprès de trois équipes françaises de modélisation, que la mission tient à remercier. L'objectif poursuivi était d'apprécier, le cas échéant, le besoin de pilotage macroéconomique des politiques bas-carbone en France ainsi que la capacité des outils existants à satisfaire ce besoin à très court terme ;
- ◆ un parangonnage auprès d'administrations et d'institutions européennes (Royaume-Uni, Danemark, Allemagne et Commission européenne), mené en propre par la mission lors de quatre déplacements organisés avec le concours des services économiques régionaux de la direction générale du Trésor. Les représentants de plusieurs organisations internationales ont également été auditionnés ;
- ◆ des échanges nourris avec les services du ministère chargé de l'économie et des finances, du ministère chargé de l'écologie et de ses opérateurs, afin d'identifier des outils à vocation interministérielle. La mission s'est également efforcée de prendre en compte les besoins de pilotage exprimés par la société civile (partenaires sociaux, *think tanks*).

Enfin, le présent rapport, accompagné de sept annexes, ne se prononce pas sur l'opportunité ou la possibilité d'atteindre la neutralité carbone au vu de ses conséquences économiques. Sa finalité est plutôt de déterminer comment l'État peut s'assurer que cet objectif, inscrit dans le droit positif, sera réalisé de manière optimale.

¹ Code de l'énergie, article L. 100-4.

² Code de l'énergie, article L. 100-1 A.

³ Voir par exemple : Pisani-Ferry, « *Climate Policy is Macroeconomic Policy, and the Implications Will Be Significant* », Policy Brief 21-20, Peterson Institute for International Economics, août 2021.

1. La perspective d'un « double dividende » de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'accroissement de l'activité économique a occulté le besoin de pilotage macroéconomique et budgétaire des politiques climatiques

1.1. Les évaluations macroéconomiques de la deuxième stratégie nationale bas-carbone (SNBC) concluent à l'existence d'un double dividende à long terme, qui s'inscrit dans la continuité de la littérature internationale

1.1.1. Les évaluations *ex ante* de la SNBC 2 mettent en évidence un double dividende associé aux politiques bas-carbone et suggèrent l'absence de risque pour les finances publiques

La SNBC est l'outil principal de programmation des politiques climatiques d'atténuation en France.

Adoptée par décret, elle définit la marche à suivre pour conduire la politique d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre⁴. Elle précise les plafonds d'émissions de gaz à effet de serre, exprimés en millions de tonnes d'équivalent CO₂, à ne pas dépasser au niveau national sur des périodes de cinq ans et donne des orientations de politique publique pour mettre en œuvre la transition bas-carbone.

L'actuelle SNBC, la SNBC 2, a été publiée en mars 2020 et fixe les budgets carbone⁵ jusqu'en 2033⁶. La SNBC 3 sera publiée au plus tard un an après la loi de programmation relative à l'énergie et au climat qui doit être adoptée au plus tard en juillet 2023⁷. La SNBC 3 devra permettre la mise en œuvre des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour trois périodes de cinq ans. La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)⁸ sera également mise à jour dans le même délai et devra être compatible avec la SNBC 3⁹. La loi de programmation relative à l'énergie et au climat, la SNBC et la PPE forment, avec le plan national d'adaptation au changement climatique¹⁰, la stratégie française énergie-climat.

Selon l'évaluation macroéconomique (cf. encadré 1) de la SNBC 2, l'atteinte de la cible de zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050 est source de croissance et d'emplois (« double dividende ») vis-à-vis d'un référentiel à mesures inchangées.

⁴ Code de l'environnement, article L. 222-1 B.

⁵ Sur le fondement de l'article L. 122-1 A du code de l'environnement, un plafond national des émissions de gaz à effet de serre (« budget carbone ») est fixé par décret pour chaque période de cinq ans.

⁶ Stratégie révisée pour le deuxième budget carbone (2019-2023), le troisième budget carbone (2024-2028) et le quatrième budget carbone (2029-2033).

⁷ Code de l'énergie, article L. 100-1 A.

⁸ La programmation pluriannuelle de l'énergie, fixée par décret, définit les modalités d'action des pouvoirs publics pour la gestion de l'ensemble des formes d'énergie sur le territoire métropolitain continental, afin d'atteindre les objectifs définis aux articles L. 100-1, L. 100-2 et L. 100-4 du code de l'énergie ainsi que par la loi prévue à l'article L. 100-1 A (loi de programmation relative à l'énergie et au climat) (article L. 141-1 du code de l'énergie). Elle définit les objectifs quantitatifs de la programmation et l'enveloppe maximale indicative des ressources publiques de l'État et de ses établissements publics mobilisées pour les atteindre. Cette enveloppe est fixée en engagements et en réalisations. Elle peut être répartie par objectif et par filière industrielle (article L. 141-3 du code de l'énergie).

⁹ Code de l'énergie, articles L. 141-1 et L. 141-4.

¹⁰ Plan prévu à l'article 42 de la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

Rapport

L'évaluation réalisée à partir du modèle ThreeME prévoit un effet graduel positif sur le niveau de PIB de 2,5 % en 2030, puis **3,4 %** en 2050. 541 000 emplois nets seraient créés en 2030 et **878 000** en 2050. La croissance supplémentaire augmenterait les recettes publiques pour améliorer le solde public de 1,3 point de PIB en 2030 et 3,8 points de PIB en 2050. Sous l'hypothèse de stabilité de la consommation publique en part de PIB, la mise en œuvre de la SNBC 2 permettrait aussi de réduire le ratio de dette publique de **52,5 points de PIB** en 2050¹¹.

Simulée par le modèle IMACLIM¹², la transition vers la neutralité carbone aboutit à un supplément de PIB de 0,7 % en 2030 et de **3,7 %** en 2050. Des créations nettes d'emplois sont attendues, à hauteur de 300 000 d'ici 2030 et **700 000** en 2050. La hausse de l'activité entraînerait ainsi un surcroît des recettes publiques qui permettrait de contenir le déficit public à long terme (0,2 point de PIB supplémentaire)¹³.

Dans ces deux évaluations, le choc positif d'investissements nécessaires à la transition crée un cercle vertueux qui contribue à l'existence de gains macroéconomiques. Dans l'évaluation *via* ThreeME, le multiplicateur de l'investissement, qui correspond au ratio entre le supplément de PIB et le supplément d'investissements directs liés à la transition, s'élève à 1,4 pour l'année 2030¹⁴. Dans l'évaluation réalisée à partir du modèle IMACLIM, l'investissement contribue pour 1,2 point aux gains de PIB en 2030 et à hauteur de 4,2 points en 2050¹⁵.

Encadré 1 : Principes d'évaluation macroéconomique des politiques d'atténuation

L'évaluation macroéconomique *ex ante* de scénarios de transition bas-carbone repose sur la définition d'un scénario à **mesures supplémentaires (« AMS »)**, qui traduit l'impact de nouvelles mesures mises en œuvre dans le futur afin de respecter la trajectoire définie dans le scénario de transition évalué et d'atteindre l'objectif de zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050. L'évaluation *ex post* se distingue de l'analyse *ex ante* car elle repose sur l'analyse économétrique de données historiques.

Le scénario « AMS » se compare à un scénario de référence, qui peut être un scénario à **mesures existantes (« AME »)** capturant les effets des politiques et mesures déjà adoptées. Au cas particulier de la SNBC 2, le scénario AMS est le scénario qui permet de suivre la trajectoire de réduction des émissions prévue par la SNBC 2. Il est comparé au scénario « AME » qui donne la tendance en l'absence de mesures supplémentaires après le 1^{er} juillet 2017¹⁶.

La modélisation des mesures évaluées repose sur un **prix explicite** du carbone (taxe carbone, prix de la tonne de carbone dans un système d'échange de quotas d'émissions) ou sur un **prix implicite ou fictif**. Ce dernier est introduit dans l'équation d'arbitrage des agents économiques afin de reproduire des comportements (consommation d'énergie, investissement, etc.) observés à l'extérieur du modèle macroéconomique.

La technique du **prix fictif ad hoc**, utilisée lors de l'évaluation macroéconomique de la SNBC 2, permet de « forcer » l'atteinte des cibles de réduction d'émissions de gaz à effet de serre sans que ce prix soit adossé à une mesure de politique publique visant l'atténuation climatique.

Sources : ADEME, « Évaluation d'un scénario SNBC 2 sans hausse de taxe carbone et sans prix fictifs ad hoc », juin 2020 ; mission.

¹¹ Ministère de la Transition écologique, « Évaluation macroéconomique de la SNBC 2 avec le modèle ThreeME », février 2022.

¹² Le modèle IMACLIM-S France a été utilisé pour évaluer la SNBC 2.

¹³ Ministère de la Transition écologique et solidaire, « Rapport d'accompagnement de la stratégie nationale bas-carbone », mars 2020, p. 16.

¹⁴ Ministère de la Transition écologique, *ibidem*, pp. 48-49. En combinant les figures 2 et 3 de la partie III, il ressort qu'un supplément d'investissements directs de 1,75 point de PIB en 2030 entraîne une augmentation du PIB de 2,5 points.

¹⁵ Ministère de la Transition écologique, mars 2020, *ibidem*, p. 16.

¹⁶ Ministère de la Transition écologique et solidaire, février 2022, *ibidem*, p. 3.

1.1.2. Ce double dividende associé à la SNBC 2 reflète les résultats de la littérature internationale, y compris s'appuyant sur des études *ex post*

La littérature internationale suggère que les politiques bas-carbone auraient des effets modérés sur le PIB mondial.

Le dernier rapport du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) estime, avec un degré de confiance élevé, que les effets agrégés des politiques d'atténuation sur le PIB mondial à long terme sont faibles selon les modèles évaluant les politiques bas-carbone sans prendre en compte les dommages induits par le réchauffement climatique ou les coûts d'adaptation¹⁷.

À titre illustratif, le Fonds monétaire international (FMI) a récemment évalué les conséquences macroéconomiques d'une hausse progressive du prix du carbone, associée à des investissements verts et des subventions à la production décarbonée, afin d'atteindre une baisse de 80 % des émissions brutes de gaz à effet de serre au niveau mondial en 2050. Pendant les quinze premières années qui suivent la mise en œuvre de ces mesures au niveau mondial, grâce aux dépenses publiques « vertes » supplémentaires, un surcroît de 0,7 point de PIB en moyenne est mis en évidence par rapport à un scénario de référence à politiques inchangées. La croissance initiale de la demande agrégée, qui se traduit progressivement par des gains de productivité dans les secteurs bas-carbone, explique ce gain macroéconomique. En revanche, les coûts de la transition surpassent ensuite les gains en raison de la croissance continue des prix du carbone pour aboutir à un coût de l'ordre de 1 % du PIB mondial en 2050¹⁸.

Des études d'impact *ex post* soulignent aussi que les politiques d'atténuation ont un effet faiblement significatif sur le PIB.

Une évaluation économétrique des effets de la taxe carbone telle que mise en œuvre dans 31 pays européens a été menée. La taxe carbone aurait, d'après cette évaluation, des effets *ex post* positifs sur la croissance du PIB et l'emploi, même si ces effets sont souvent non significatifs d'un point de vue statistique¹⁹.

En France, une étude de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) portant sur 8 000 entreprises représentatives du secteur manufacturier français observées sur la période 2001-2016 montre qu'une hausse de 10 % du prix de l'énergie aurait eu des effets négligeables sur l'emploi net au niveau de l'ensemble du secteur, du fait de réallocations entre firmes intensives et économes en énergie, tout en permettant de réduire la consommation d'énergie au niveau des entreprises (-6 %) et les émissions de CO₂ (-7 %) respectivement²⁰.

¹⁷ GIEC, Contribution du troisième groupe de travail au sixième rapport d'évaluation, « *Résumé exécutif* », p. 49, paragraphe C.12.2.

¹⁸ FMI, World Economic Outlook, « *Mitigating Climate Change – Growth and Distribution-Friendly Strategies* », octobre 2020 ; Jaumotte, Liu et McKibbin, « *Mitigating Climate Change: Growth-Friendly Policies to Achieve Net Zero Emissions by 2050* », IMF Working Paper, juillet 2021.

¹⁹ Metcalf et Stock, « *Measuring The Macroeconomic Impact of Carbon Taxes* », American Economic Review Papers and Proceedings, 2020.

²⁰ Dussaux, « *The Joint Effects of Energy Prices and Carbon Taxes on Environmental and Economic Performance: Evidence from the French Manufacturing Sector* », OECD Environment Working Paper, 2020.

1.2. Dans ce contexte, et compte tenu du rehaussement des objectifs européens à horizon 2030, l'administration française a ciblé sa stratégie sur les risques de non-atteinte des objectifs de baisse d'émissions

La méthode d'élaboration des SNBC est dominée par les enjeux techniques et sectoriels afin d'identifier, pour chaque secteur, des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et des mesures supplémentaires permettant d'atteindre ces objectifs.

Les SNBC sont construites à partir de travaux sectoriels²¹ qui visent à proposer des trajectoires de réduction des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre et, autant que possible, les mesures supplémentaires à mettre en œuvre pour les respecter. La définition des cibles de consommation énergétique et d'émissions par secteur repose sur des outils analytiques²² sectoriels²³ permettant de définir des trajectoires de consommation d'énergie et d'émissions en fonction d'hypothèses physiques²⁴, d'usage²⁵ et/ou de coûts²⁶. Les hypothèses physiques, techniques, d'usage et de coûts des technologies sont donc structurantes dans la définition de la SNBC.

Des groupes de travail sectoriels, qui associent les parties prenantes²⁷, sont saisis sur les hypothèses retenues dans la construction des trajectoires, analysent les résultats issus des modélisations et proposent des politiques et mesures nécessaires. Dans le cadre de ces travaux sectoriels, la mission constate que les impacts des trajectoires proposées sur les principales variables macroéconomiques ne sont pas évalués.

Plusieurs temps d'agrégation des trajectoires sectorielles, les « runs »²⁸, sont organisés sous le pilotage de la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) du ministère chargé de l'écologie. Ils visent à s'assurer de l'atteinte de l'objectif global en matière d'émissions et de sa soutenabilité au regard de la consommation de biomasse et d'énergie. Ces temps d'agrégation durent chacun deux à trois mois (cf. figure 1).

Si la prise en compte des questions transversales a été renforcée dans la méthode d'élaboration de la SNBC 3, les enjeux sectoriels et techniques restent prédominants dans le calendrier des travaux.

L'élaboration de la SNBC 3, qui s'inscrit dans le cadre général de l'élaboration de la stratégie française énergie-climat, comprend une dimension transversale plus importante que la SNBC 2 avec la mise en place, en complément des groupes de travail sectoriels, de groupes de travail transversaux plus nombreux. En effet, des groupes de travail chargés de l'économie, des collectivités territoriales, des dynamiques sociales et des modes de vie ainsi que de l'empreinte carbone ont été mis en place pour l'élaboration de la SNBC 3 mais n'existaient pas pour la SNBC 2 (cf. encadré 2).

²¹ Pour la SNBC 3 : agriculture, transports, bâtiment, industrie, déchets et énergie, forêts et sols. Source : Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC).

²² Modèles techniques, technico-économiques ou calculateurs.

²³ Pour la SNBC 3 : MoSUT (agriculture), calculateur forêt bois (forêt), artificialisation, MENFIS (chauffage résidentiel), agrégateur énergie (autres usages résidentiels), modèle tertiaire (CGDD), MICO (climatisation), Modev (trafics), modèles de parc, modèle aviation, enerMED (industrie et énergie), déchets (outils ADEME), F-gaz. Source : DGEC.

²⁴ Par exemple : hypothèse sur le parc de bâtiment dans le modèle MICO (climatisation).

²⁵ Par exemple : hypothèse sur les usages et les comportements dans le modèle MICO (climatisation).

²⁶ Par exemple : hypothèse sur le prix des énergies et les coûts des systèmes et des gestes de rénovation dans le modèle tertiaire.

²⁷ Entreprises, organisations non gouvernementales, syndicats, représentants de consommateurs, parlementaires, collectivités territoriales, experts scientifiques.

²⁸ Au nombre de deux pour la SNBC 2 et de trois pour l'élaboration de la SNBC 3.

Rapport

Néanmoins, le calendrier reste fortement contraint par les travaux sectoriels et techniques, dans le contexte de la préparation de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat et de rehaussement de l'objectif européen de réduction des émissions à horizon 2030.

D'une part, le calendrier d'élaboration de la SNBC 3, dont les principaux jalons sont présentés dans la figure 1, est contraint par la préparation de la loi de programmation. En effet, une première version du scénario de la SNBC 3²⁹ doit être disponible avant le dépôt du projet de loi de programmation. Au stade de cette dernière, seuls les objectifs globaux de réduction pour les trois prochaines périodes de cinq ans seront fixés mais l'élaboration d'une première version du scénario de la SNBC 3 permettra d'approcher la trajectoire possible de réduction de la consommation énergétique et des émissions par secteurs ainsi qu'une première liste de mesures supplémentaires associées. Cela conduit à ajouter un *run* par rapport à l'élaboration de la SNBC 2. Deux *runs* sont ainsi prévus pour la conception de la première version du scénario de la SNBC 3 avant l'adoption de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat. Un troisième *run* est prévu pour l'élaboration de la deuxième version du scénario SNBC 3 à la suite de l'adoption de la loi, de l'adoption des textes du paquet « *Fit for 55* » et de l'actualisation du cadastre macroéconomique le cas échéant.

D'autre part, le paquet « *Fit for 55* ³⁰», en fixant des cibles plus ambitieuses en 2030, accroît encore davantage le besoin d'un pilotage technique et sectoriel pour préparer la SNBC 3. L'Union européenne s'est fixée l'objectif contraignant de parvenir à la neutralité climatique d'ici 2050 et a renforcé son ambition climatique à l'horizon 2030 en s'engageant à réduire ses émissions d'au moins 55 % par rapport aux niveaux de 1990³¹. Ce nouvel objectif européen rehausse l'objectif par rapport à celui utilisé pour l'élaboration de la SNBC 2 et conduit à instruire encore davantage, dans chaque secteur, les possibilités de réduction des émissions d'un point de vue physique et technique. La SNBC 2 était en effet construite sur un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030³². La révision des textes législatifs afin de mettre en œuvre les mesures nécessaires à l'atteinte des nouveaux objectifs est en cours au niveau européen, en parallèle des travaux d'élaboration de la SNBC 3³³.

²⁹ Scénario avec mesures supplémentaires (AMS), cf. encadré 1.

³⁰ Rehaussement de l'objectif de réduction d'émissions à -55 % net en 2030 par rapport à 1990 et ensemble des propositions visant à réviser et actualiser la législation européenne ainsi qu'à mettre en place de nouvelles initiatives pour mettre en œuvre ces nouveaux objectifs.

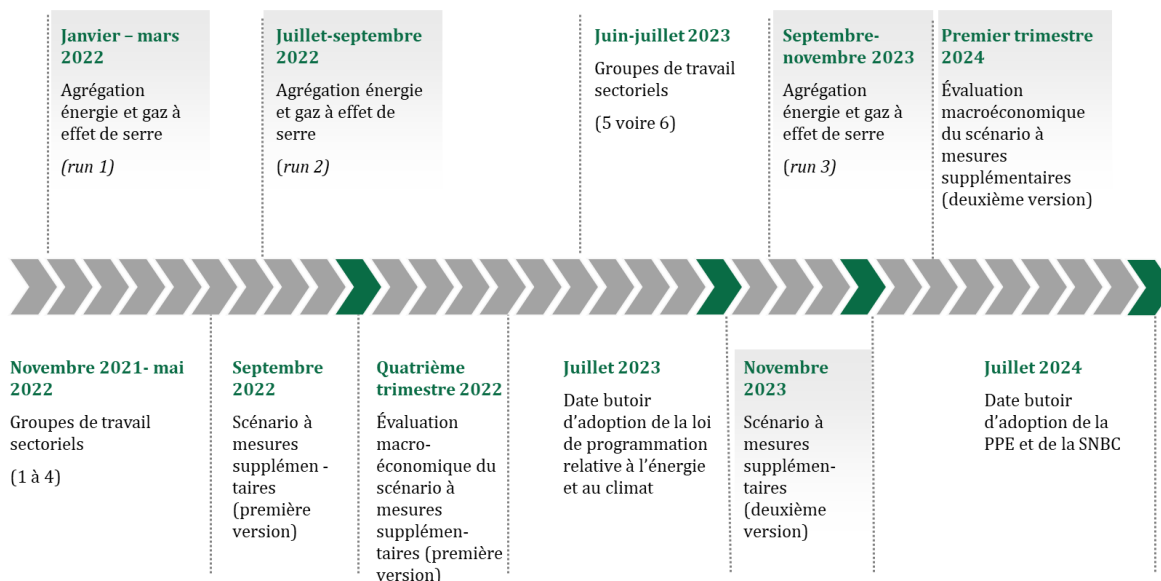
³¹ Règlement (UE) 2021/1119 du Parlement européen et du Conseil du 30 juin 2021 établissant le cadre requis pour parvenir à la neutralité climatique et modifiant les règlements (CE) n° 401/2009 et (UE) 2018/1999 (« loi européenne sur le climat »).

³² Objectifs mentionnés à l'article L. 100-4 du code de l'énergie (introduits par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte et modifiés par la loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat). Le point de passage du scénario SNBC 2 est à - 43% en 2030, soit un peu plus que la cible légale.

³³ Le Conseil de l'Union européenne a adopté en juin 2022 les orientations générales sur les propositions législatives contenues dans le paquet « *Fit for 55* » qui doit permettre à l'Union européenne de réduire ses émissions nettes de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990 et d'atteindre la neutralité climatique en 2050.

Afin de sécuriser la mise en œuvre de la SNBC 2 et nourrir la future SNBC, l'élaboration de feuilles de route de décarbonation, elles-mêmes dominées par les enjeux sectoriels et opérationnels, a été lancée en 2021³⁴. Ces feuilles de route visent à accompagner les acteurs des filières dans l'appropriation des objectifs de la SNBC³⁵, dans l'identification des leviers et actions à mettre en œuvre et, le cas échéant, à lever les freins identifiés par les filières. Les trois premières feuilles de route (acier, chimie, ciment) ont été élaborées dans le cadre des comités stratégiques de filière sous le pilotage de la direction générale des entreprises. L'élaboration de sept feuilles de route supplémentaires a été lancée en 2022 sous l'égide du Commissariat général au développement durable (CGDD) et de la DGEC³⁶.

Figure 1 : Principaux jalons de préparation de la SNBC 3 dans le cadre de l'élaboration de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat



Source : Mission, d'après les éléments transmis par la DGEC.

Encadré 2 : Comitologie mise en place pour l'élaboration de la stratégie française énergie-climat

L'élaboration de la stratégie française énergie-climat repose sur une comitologie substantielle composée de comités, de groupes de travail, d'ateliers et de réunions inter-administrations pilotés par la DGEC :

- les **comités « SFEC »**, qui réunissent les membres du Conseil national de la transition écologique et du Conseil économique, social et environnemental (une seule réunion à la date de la mission, quatre réunions prévues au total d'ici fin 2023) ;

³⁴ Ces feuilles de route s'inscrivent dans le cadre de l'article 301 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (loi « climat et résilience »).

³⁵ Dans l'attente des objectifs sectoriels qui seront définis dans la SNBC 3, les travaux sur les feuilles de route de décarbonation lancés en 2022 s'appuient sur les objectifs de la SNBC 2 rehaussés de façon homogène au regard des nouveaux objectifs européens du paquet « Fit for 55 ».

³⁶ Automobile, véhicules lourds, aérien, bâtiment, aménagement, transport maritime et déchets. Le pilotage est assuré par un directeur de projets rattaché au CGDD et à la DGEC et deux personnes à la DGEC contribuant à hauteur de 0,5 équivalent temps plein (ETP) avec l'appui d'un cabinet externe. Source : Direction de projet chargée des feuilles de route de décarbonation, ministère chargé de l'écologie.

Rapport

- des **groupes de travail sectoriels** (« agriculture », « transports », « bâtiment », « industrie, déchets et énergie », « forêts et sols »), dont l'objectif est de fournir un espace de travail technique, de croiser les différentes expertises pour rassembler les connaissances disponibles, de discuter des politiques et mesures, des hypothèses et des résultats des scénarios sectoriels et des orientations de la SNBC sur le secteur (cinq à six réunions par groupe de travail sectoriel entre novembre 2021 et juillet 2024) ;
- une **réunion inter-administrations** qui réunit toutes les administrations impliquées avant chaque cycle de réunions des groupes de travail sectoriels afin de préparer les travaux avec les parties prenantes (une réunion à la date de la mission) ;
- des **groupes de travail transversaux**, dont chacun a des objectifs et un rythme de réunion spécifiques : le groupe « **collectivités territoriales** » (discussion des politiques et mesures pour juger de leur juste niveau d'ambition au regard de l'expérience des collectivités territoriales, réunions en mars 2022 et en juin 2022) ; le groupe « **dynamiques sociales et modes de vie** » (élaboration d'un narratif plus complet sur la manière dont la société et les modes de vie évoluent dans le scénario SNBC, dimension plus exploratoire, réunions en novembre 2021 et juillet 2022) ; le groupe « **économie** » (espace d'échange sur les enjeux et modélisations économiques dans le cadre de la révision de la SNBC, réunions en novembre 2021 et en juillet 2022) ; le groupe « **empreinte carbone** » (définition d'un narratif plus complet sur l'ensemble des émissions associées à nos modes de vie et de production, amélioration de l'évaluation de l'impact de la consommation nationale et des importations en termes d'émissions et de ressources matières, fixation de budgets carbone indicatifs sur l'empreinte en complément des budgets sectoriels actuels, réunion en juillet 2022) ; le groupe « **outre-mer** » (espace de travail technique pour discuter des trajectoires pour les territoires pour lesquels la SNBC s'applique, deux réunions en février 2022 et une réunion en mars 2022) ;
- des **ateliers** techniques PPE ;
- des **groupes de travail** relatifs au plan national d'adaptation au changement climatique.

Plusieurs temps de concertation et de consultation sont par ailleurs prévus : une première concertation publique volontaire (2021), une seconde concertation volontaire sur la consommation et le mix énergétique (2022), une concertation préalable sur la PPE et la SNBC (2023), les concertations obligatoires (2024) et une consultation du public sur internet (2024).

Source : Mission, d'après les éléments transmis par la DGEC.

1.3. Pourtant, plusieurs risques associés à la conduite de la transition bas-carbone peuvent remettre en cause l'ampleur, voire l'existence, du double dividende et soulignent le besoin de pilotage macroéconomique des politiques de transition

1.3.1. Dans le contexte d'une transition retardée, le coût macroéconomique induit par les risques de transition pourrait être de même ampleur en 2050 que celui des risques physiques liés au réchauffement

La mission s'est intéressée à trois scénarios de transition bas-carbone évalués par le Network for Greening the Financial System (NGFS)³⁷.

Dans le scénario à zéro émission nette en 2050, les politiques climatiques sont initiées dès 2020 et permettent de réduire progressivement les émissions de gaz à effet de serre. Le réchauffement est ainsi limité à 1,5°C à horizon 2100.

³⁷ Réseau mondial, créé en 2017 à la suite du « One Planet Summit », qui permet à 114 banques centrales et régulateurs financiers de se coordonner pour accélérer le développement de la finance verte et renforcer le rôle des banques centrales dans la lutte contre le changement climatique. La banque intégrale de scénarios évalués par le NGFS en compte six. Voir : « *NGFS Climate Scenario Database* », Documentation technique (v2.2), juin 2021. À la connaissance de la mission, cette étude est la seule à analyser dans un même cadre les risques physiques et de transition avec des résultats pour la France. Les résultats des simulations sont en libre accès : [NGFS Scenario Explorer \(iiasa.ac.at\)](https://www.ngfs.net/en/scenarios).

Rapport

Dans le scénario de transition désordonnée et retardée, les émissions de CO₂ diminuent à partir de 2030 seulement. Des mesures fortes sont ensuite nécessaires pour limiter le réchauffement à 2°C d'ici 2100.

Dans le scénario à politiques inchangées, les mesures existantes sont maintenues mais aucune mesure supplémentaire n'est mise en œuvre pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. Le réchauffement climatique serait alors supérieur à 3°C en 2100.

Ces simulations suggèrent qu'en cas de transition bas-carbone désordonnée et retardée, les effets macroéconomiques en France seraient négatifs et d'ampleur équivalente (baisse du PIB de -1,3 %) pour les risques physiques et de transition en 2050.

Les évaluations du NGFS reposent sur une modélisation macroéconomique et sectorielle combinant l'utilisation de modèles d'évaluation intégrés à portée sectorielle (« *integrated assessment model* », cf. encadré 4) et du modèle macroéconométrique NiGEM, permettant d'analyser dans un même cadre les risques physiques, imputables au réchauffement climatique, et les risques de transition³⁸. La quantification des dommages liés au réchauffement provient d'une étude externe et repose sur la chronique de températures propre à chaque scénario³⁹.

D'après ces simulations (cf. graphique 1), un scénario orienté vers zéro émission nette en 2050 permet l'obtention d'un double dividende à moyen (2030) et long terme (2050) dans le cas d'une transition ordonnée, graduelle, avec un recyclage de la taxe carbone par des investissements publics et une réduction de la dette publique.

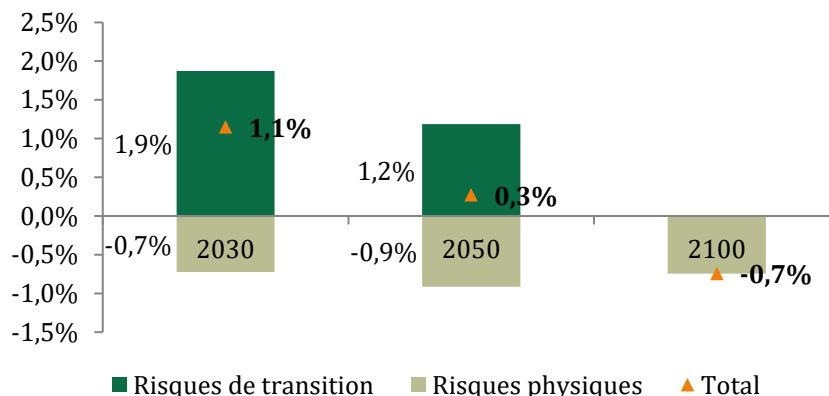
En revanche, dans le cas d'une transition désordonnée et retardée (cf. graphique 2), les politiques bas-carbone emportent des effets potentiellement négatifs sur le PIB qui sont d'ampleur équivalente à ceux des risques physiques à horizon 2050 (baisse de -1,3 %).

³⁸ Les risques physiques, qui représentent la vulnérabilité d'un système naturel ou humain à des aléas climatiques, émanent du réchauffement graduel de la planète ou d'événements extrêmes plus fréquents. Les risques de transition proviennent de la transition vers une économie moins carbonée. Voir : Sandra Batten, « *Climate Change and the Macroeconomy : a Critical Review* », Bank of England Staff Working Paper, 2018.

³⁹ Kalkuhl et Wenz, « *The Impact of Climate Conditions on Economic Production. Evidence from a Global Panel of Regions* », Journal of Environmental Economics and Management, 2020.

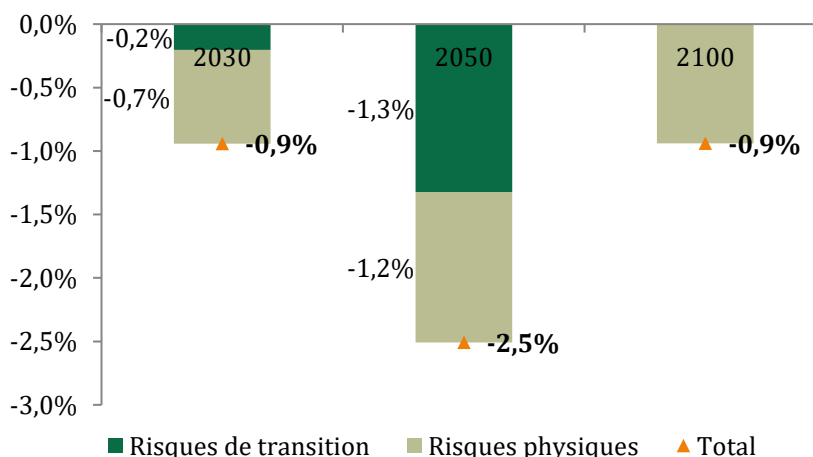
Rapport

Graphique 1 : Effets sur le PIB en France des risques de transition et des risques physiques liés au changement climatique (en % de la tendance passée⁴⁰) – Zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050



Source : NGFS version 2.2, simulations issues du modèle d'évaluation intégré REMIND⁴¹, calculs de la mission.

Graphique 2 : Effets sur le PIB en France des risques de transition et des risques physiques liés au changement climatique (en % de la tendance passée) – Transition désordonnée et retardée



Source : NGFS version 2.2, simulations issues du modèle d'évaluation intégré REMIND, calculs de la mission.

1.3.2. Le choix de l'instrument permettant de mener les politiques de transition bas-carbone façonne leurs conséquences macroéconomiques

Les effets économiques de mesures ayant le même potentiel de réduction des émissions peuvent être sensiblement différents.

À titre illustratif, l'évaluation de la cible européenne de réduction de -55 % des émissions de gaz à effet de serre en 2030 suggère que les effets macroéconomiques induits se dégraderaient si la cible était atteinte par des mesures réglementaires plutôt que par des mesures de prix du carbone⁴².

⁴⁰ Définie comme le prolongement du taux de croissance du PIB à partir de sa moyenne historique, sans risque physique lié au changement climatique.

⁴¹ Ces résultats sont robustes au choix du modèle d'évaluation intégré (cf. annexe III).

⁴² Commission européenne, Document de travail n° SWD(2020) 176, septembre 2020.

Pour procéder à l'évaluation macroéconomique de la cible de réduction de -55 % des émissions de gaz à effet de serre en 2030, la Commission européenne a mené une étude d'impact qui repose sur la construction de scénarios se distinguant notamment par les outils utilisés pour atteindre la cible de baisse des émissions. Ainsi :

- ◆ le scénario « CPRICE » suppose que la cible de -55 % est atteinte *via* le renforcement et l'extension du prix du carbone aux secteurs du transport et de la construction, par exemple en appliquant le système d'échange de quotas à ces secteurs ;
- ◆ le scénario « REG » fait l'hypothèse d'une augmentation de l'ambition sur l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'essor des énergies renouvelables et l'évolution de la politique des transports, ce qui permettrait d'atteindre la cible de réduction des émissions de gaz à effet de serre sans jouer sur le prix du carbone. En particulier, le périmètre du système européen d'échange de quotas est inchangé.

Le scénario « CPRICE », en accroissant les revenus liés à la taxation ou au *pricing* du carbone, permet le recyclage de ces derniers pour réduire la taxation du travail et les imperfections du marché du travail. L'atteinte de la cible de -55 % d'émissions de gaz à effet de serre se traduit alors par un impact légèrement moins défavorable sur le PIB réel que dans le scénario « REG »⁴³.

1.3.3. Comme l'illustrent les variantes *ad hoc* sollicitées par la mission auprès de trois équipes de modélisation, le double dividende est fragilisé par des hypothèses macroéconomiques moins favorables

Les évaluations de la SNBC 2 pointent déjà des limites susceptibles d'affecter les gains macroéconomiques liés à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Des hypothèses adverses relatives à l'environnement international ont par exemple été testées. Si la France s'engageait seule dans la lutte contre le changement climatique, la hausse du PIB induite par les politiques de décarbonation serait moindre (-0,5 point) par rapport à une situation où le reste du monde mènerait des politiques de transition énergétique tendant vers la neutralité carbone⁴⁴.

Plus largement, dans ces évaluations, les investissements de la transition énergétique ne créent pas d'effet d'éviction pour les autres investissements de l'économie et les tensions sur les capacités de production sont supposées négligeables⁴⁵.

Les simulations sollicitées par la mission dans une approche volontairement adverse (cf. encadré 3 et annexe IV) illustrent la contingence du double dividende et le besoin de pilotage macroéconomique des politiques bas-carbone.

La mission a demandé des variantes examinant plusieurs risques macroéconomiques potentiels un par un, sans évaluer les conséquences de leur cumul le cas échéant.

⁴³ Commission européenne, septembre 2020, *ibidem*, p. 77. L'évaluation est réalisée avec le modèle JRC-GEM-E3 du Joint Research Center de la Commission européenne (cf. encadré 4). Dans le scénario « CPRICE », les effets sur le PIB s'élèvent à -0,24 % par rapport au scénario de référence. Dans le scénario « REG », le PIB réel baisse relativement de -0,30 % en 2030.

⁴⁴ Ministère de la Transition écologique et solidaire, mars 2020, *ibidem*, p. 22.

⁴⁵ Ministère de la Transition écologique et solidaire, mars 2020, *ibidem*, p. 13.

Rapport

Ces simulations révèlent un besoin de pilotage car **l'ampleur du double dividende, voire son existence, sont subordonnées au contexte économique** dans lequel se déploient les politiques de neutralité carbone. Par exemple :

- ◆ un resserrement modique des taux d'intérêt réels (+0,2 point) intervenant en 2021 est susceptible de diminuer de moitié à horizon 2030 (baisse de +0,2 à +0,1 point) et d'un tiers en 2050 (baisse de +0,9 point à +0,6 point) le gain de PIB associé à la réduction des émissions de gaz à effet de serre permise par une hausse de la taxe carbone faisant l'objet d'un recyclage partiel⁴⁶ et atteignant 751 € par tonne de CO₂ à cet horizon⁴⁷ ;
- ◆ une division par deux de l'élasticité de substitution entre le capital et l'énergie dans les secteurs (hors production du secteur de l'électricité) par rapport au scénario de référence pourrait dégrader le niveau du PIB réel de 0,2 point en 2050, surtout en conséquence d'une baisse de l'investissement de 0,6 point de PIB⁴⁸.

En outre, les simulations révèlent qu'**au-delà du double dividende (gain de PIB et réduction d'émissions), les effets de la décarbonation sur l'emploi** doivent être pilotés :

- ◆ les modalités de recyclage de la taxe carbone, si la hausse de cette dernière était utilisée pour atteindre la neutralité carbone, sont déterminantes. À titre illustratif, une hausse de 25 % de la taxe carbone à partir de 2021, entraînant une baisse d'environ 25 % des émissions sur la période 2021-2030, pourrait déclencher une hausse de 0,6 point du taux de chômage à cet horizon si les revenus de la taxe carbone n'étaient pas recyclés⁴⁹ ;
- ◆ de même, dans le cas d'une évolution défavorable du surcoût des véhicules électriques (maintien du surcoût de 8 000 € et hausse des importations des véhicules électriques en France), l'interdiction de vente des véhicules thermiques en 2035 pourrait induire un différentiel de -189 000 emplois en 2040. Dans le même temps, les émissions de CO₂ baisseraient de -36 % sur la période 2021-2050⁵⁰.

Encadré 3 : Variantes adverses demandées par la mission à l'ADEME, au CIRED et à SEURECO (cf. annexe IV)

À la demande de la mission, l'Agence de la transition écologique (ADEME) a effectué des simulations à partir du modèle ThreeME (version V2) pour évaluer, par rapport au scénario tendanciel de l'exercice de projection « Transition(s) 2050 »⁵¹, les effets macroéconomiques :

- d'une hausse de la taxe carbone combinée au resserrement des contraintes de financement, à l'absence de recyclage des revenus de la taxe, ou encore à une stabilité du prix relatif des énergies renouvelables ;

⁴⁶ Dans la variante simulée, seule la part prélevée sur les ménages leur est restituée sous forme de crédit d'impôt forfaitaire.

⁴⁷ Simulation réalisée par l'ADEME (modèle ThreeME).

⁴⁸ Simulation réalisée par SEURECO (modèle NEMESIS).

⁴⁹ Simulation réalisée par le CIRED (modèle IMACLIM-R France). Dans ce modèle, l'absence de recyclage de la taxe carbone se traduit par une hausse de l'épargne et donc de l'investissement par bouclage. Cet effet de relance entraîne le secteur de la construction tandis que l'absence de recyclage à destination des ménages nuit à la consommation de bien composite regroupant, dans le modèle, les industries manufacturières et les services. L'intensité en emplois du secteur composite étant supérieure à celle du secteur de la construction, il en résulte un déficit d'emplois.

⁵⁰ Simulation réalisée par l'ADEME (modèle ThreeME).

⁵¹ Dans le cadre de cet exercice, l'ADEME a composé quatre scénarios qui présentent des options techniques et économiques permettant d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Voir : [Les scénarios - Agence de la transition écologique \(ademe.fr\)](#). Ces derniers ont été évalués par rapport à un scénario tendanciel à mesures existantes. Les mesures existantes favorisant la transition énergétique qui ont été introduites dans le scénario tendanciel sont les suivantes : les aides à la rénovation énergétique dans le résidentiel, l'obligation de rénovation dans le tertiaire, le bonus-malus automobile et les primes à l'achat de véhicules électriques, ainsi que l'augmentation du prix des quotas du système européen d'échange de quotas d'émissions. Dans le scénario tendanciel, les prix des énergies fossiles évoluent selon les hypothèses de la Commission européenne, les gains de productivité sur le long terme sont supposés varier selon ceux de la SNBC 2.

Rapport

- de l'interdiction des ventes de véhicules thermiques dans un contexte macroéconomique moins favorable ;
- de l'accélération de la dépréciation du capital « brun ».

De même, le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED) s'est livré à deux séries de variantes en utilisant le modèle IMACLIM (IMACLIM-R France) et comparées à un scénario permettant l'atteinte de la neutralité carbone selon le NGFS :

- la première évalue les conséquences d'une évolution à la hausse de la taxe carbone, éventuellement combinée avec l'absence de recyclage de ses revenus ;
- la seconde série de variantes permet d'analyser les effets de l'interdiction de vente des véhicules thermiques dans un contexte de dégradation de l'offre de véhicules électriques ou de moindre dynamisme de la demande de ces derniers à court terme.

Enfin, l'entreprise SEURECO a utilisé le modèle NEMESIS (version 5.1) pour simuler deux variantes en comparaison au même scénario de référence que celui utilisé par le CIRED :

- l'absence de recyclage des revenus de la taxe carbone ;
- une division par deux de l'élasticité de substitution entre le capital et l'énergie alors que les revenus issues de la taxe carbone sont intégralement reversés.

Source : Mission.

1.4. Même si les conséquences de la neutralité carbone sur le PIB sont de faible ampleur, elles peuvent emporter une dégradation des finances publiques

Au Royaume-Uni, l'Office for Budget Responsibility⁵² estime que la transition bas-carbone pourrait avoir un effet sur la dette publique même si ses effets sont de second ordre sur l'évolution du PIB, du fait d'effets directs sur les recettes (cf. annexe V).

Dans son rapport de juillet 2021 consacré aux risques budgétaires, l'Office for Budget Responsibility a évalué les risques budgétaires découlant de la transition bas-carbone de manière stylisée⁵³. Selon cette évaluation, dans un scénario de transition ordonnée issu des travaux du NGFS et permettant d'atteindre la cible de zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050 (cf. section 1.3.1), une baisse modérée du PIB pourrait s'accompagner d'une dégradation notable des finances publiques.

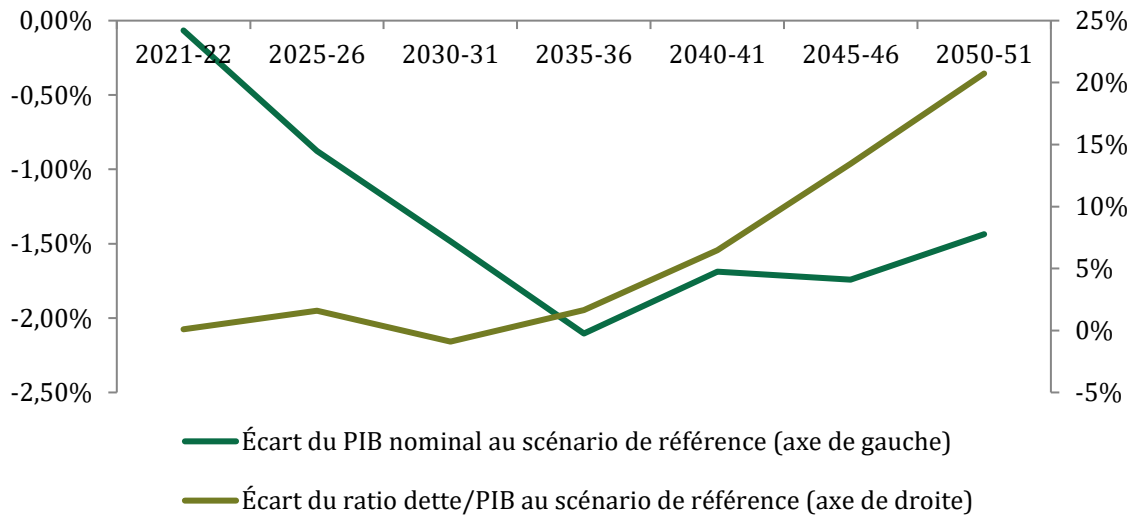
Par exemple, à horizon 2040-2041, le PIB nominal pourrait diminuer de 1,7 point tandis que la dette publique augmenterait de 6,5 points de PIB vis-à-vis du scénario tendanciel consistant à maintenir les politiques actuelles inchangées (cf. graphique 3). Selon l'Office for Budget Responsibility, cette évolution défavorable du ratio de dette publique s'explique en premier lieu par la perte de recettes induite par la transition bas-carbone, l'effet négatif sur les finances publiques dominant celui entraîné par le choc d'investissement.

⁵² Institué en 2010 au Royaume-Uni, l'Office for Budget Responsibility a pour mission d'analyser et de rendre des comptes sur la soutenabilité des finances publiques.

⁵³ Voir : [Fiscal risks report – July 2021 - Office for Budget Responsibility \(obr.uk\)](#)

Rapport

Graphique 3 : Évolution du PIB nominal et du ratio dette publique/PIB dans le scénario de transition bas-carbone ordonnée par rapport à un scénario de référence à politiques inchangées (au Royaume-Uni)



Source : Mission, d'après les données de l'Office for Budget Responsibility⁵⁴.

En appliquant la méthodologie de l'Office for Budget Responsibility à la France, la mission a également mis en évidence des risques pour les finances publiques justifiant le besoin de pilotage budgétaire (cf. annexe V).

Le graphique 4 illustre les effets potentiels de l'atteinte de la neutralité carbone sur la dette publique et la décomposition de ces derniers sur la période 2020-2050.

Dans le scénario central simulé par la mission⁵⁵, la dette publique augmenterait d'environ 15 points de PIB en 2050 par rapport au scénario de référence. Le choc de dépenses d'investissement directement liées à la transition contribue à la dynamique haussière de la dette publique à hauteur de 4 points de PIB. Comme dans l'évaluation menée au Royaume-Uni, le risque de premier ordre serait la perte de recettes fiscales directement liées aux énergies et combustibles fossiles, de l'ordre de 13 points de PIB.

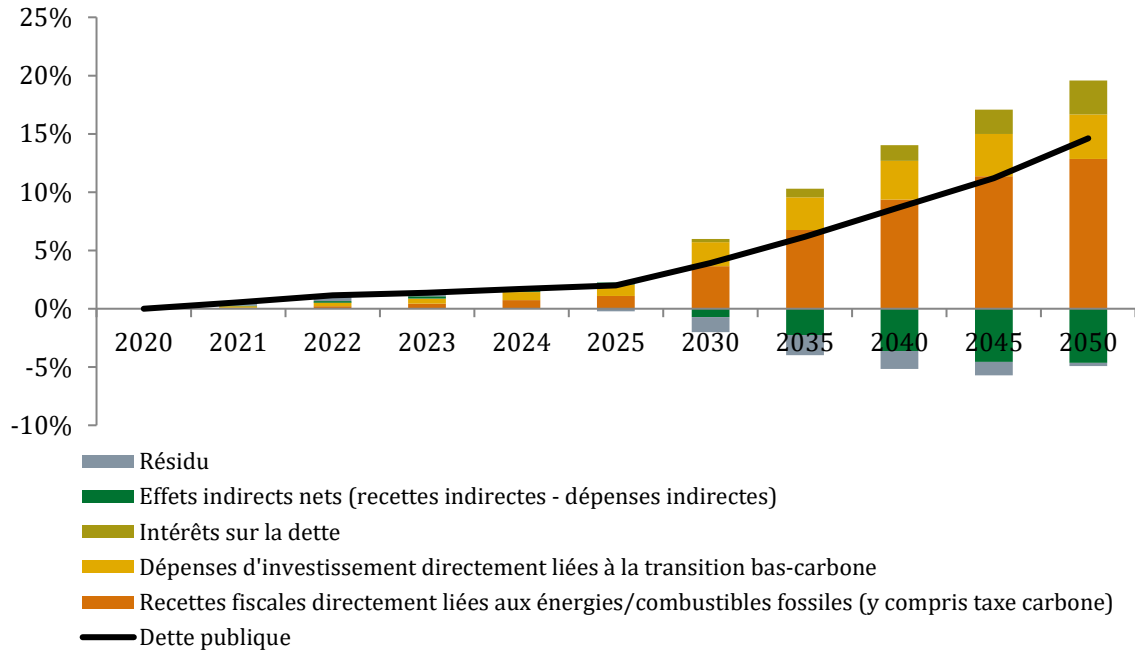
L'outil utilisé par la mission dans la continuité des travaux de l'Office for Budget Responsibility pour évaluer globalement les effets de la décarbonation sur les finances publiques est stylisé. La mission estime toutefois que ces premiers résultats, même s'ils pourraient être affinés et dépendent des hypothèses du scénario simulé, sont suffisants pour qualifier le besoin d'un pilotage budgétaire des politiques d'atténuation.

⁵⁴ Les données communiquées à la mission sont librement accessibles : <https://obr.uk/download/july-2021-fiscal-risks-report-supplementary-tables/>

⁵⁵ Transition bas-carbone ordonnée, dépenses d'investissement supplémentaires issues des travaux de l'Institut de l'économie pour le climat (I4CE), prise en charge à hauteur de 25 % des dépenses d'investissements supplémentaires par la puissance publique, évolution des recettes sur les énergies provenant des travaux de la direction de la législation fiscale, élasticité au PIB des autres recettes et dépenses égales à 1 et 0,5 respectivement.

Rapport

Graphique 4 : Décomposition de l'évolution du ratio de dette publique/PIB dans un scénario de transition bas-carbone ordonné par rapport à son évolution dans un scénario tendanciel (en France)



Source : Mission, d'après les données du NGFS (chroniques de PIB issues des scénarios de transition en France), de l'Institut de l'économie pour le climat (I4CE, dépenses d'investissement supplémentaires nécessaires pour la transition), de la direction de la législation fiscale (projections de recettes fiscales directement liées aux énergies) et du projet de loi de finances pour 2022.

Note de lecture : (i) Les recettes et dépenses indirectes représentent les recettes et dépenses non liées à la transition bas-carbone. Conformément à la méthodologie de l'Office for Budget Responsibility, la mission a fait l'hypothèse qu'elles évoluaient selon une élasticité-PIB de 1 et 0,5 respectivement ; (ii) le résidu découle de la décomposition de l'écart du ratio de dette publique sur PIB entre la variante (neutralité carbone en 2050) et le scénario de référence (politiques inchangées) issus des travaux du NGFS.

2. Le pilotage disjoint des politiques macroéconomiques et budgétaires et des politiques climatiques d'atténuation doit être corrigé

2.1. Les conséquences macroéconomiques des politiques de transition sont insuffisamment prises en compte dans la conception de la SNBC alors que la France est relativement mieux dotée que ses voisins européens en outils d'évaluation

2.1.1. Comme dans la plupart des pays examinés par la mission, en France, les évaluations macroéconomiques des politiques bas-carbone ne rétroagissent pas sur le contenu de ces politiques

L'évaluation macroéconomique de la SNBC 2, effectuée *a posteriori*, n'a pas eu d'impact sur la trajectoire.

La SNBC 2 a fait l'objet d'une évaluation de ses impacts macroéconomiques avec les modèles ThreeME et IMACLIM (cf. section 1.1.1). Les résultats publiés restent à une maille agrégée même si certaines données sont déclinées par secteurs⁵⁶. Surtout, cette évaluation est intervenue après la finalisation du scénario de transition bas-carbone sous-jacent. En outre, la mission relève que l'évaluation macroéconomique ne comporte pas d'analyse des risques d'un point de vue économique, que ce soit par l'évaluation de la trajectoire SNBC 2 dans des conditions économiques moins favorables ou par l'évaluation de trajectoires alternatives de réduction des émissions, par exemple décalées dans le temps et plus rapides.

Dans ce contexte, l'évaluation macroéconomique a permis de répondre à l'obligation d'évaluation économique de la SNBC inscrite dans le code de l'environnement⁵⁷ mais n'a pas eu d'influence sur la définition de la cible globale de réduction des émissions, ni sur la répartition des cibles de réduction par année et secteurs, ni enfin sur le choix des mesures recommandées par la SNBC pour atteindre les objectifs.

La faible rétroaction des évaluations macroéconomiques sur le contenu des stratégies bas-carbone n'est pas propre à la France.

En **Allemagne**, le gouvernement fédéral a approuvé un plan d'action climat pour 2050. La loi fédérale sur le changement climatique (*Bundes-Klimaschutzgesetz*) de 2019 fixe des budgets carbone annuels par secteur qui font l'objet d'un suivi régulier impliquant l'Agence fédérale de l'énergie et le Conseil d'experts sur le changement climatique. En 2021, à la suite d'une modification de cette loi, la cible de réduction des émissions de gaz à effet de serre en 2030 a été relevée à -65 % par rapport aux niveaux de 1990. L'évaluation macroéconomique de cette cible, confirmée par l'accord de coalition de novembre 2021, est en cours, notamment au regard de ses conséquences sur le système énergétique⁵⁸.

⁵⁶ Décomposition des résultats d'évolution du PIB et de la variation absolue de l'emploi dans 5 secteurs pour IMACLIM, gains et pertes d'emplois nets détaillés pour 27 secteurs pour ThreeME. Source : Ministère de la Transition écologique et solidaire, *ibidem*, pp. 17-19.

⁵⁷ Obligation prévue au 2° du II de l'article L. 222-1 D du code de l'environnement.

⁵⁸ Source : Ministère de l'Économie et de la Protection du climat (*Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz*, BMWK), Allemagne.

Rapport

Au **Danemark**, la loi sur le climat adoptée en 2020 fixe une cible de réduction des émissions de gaz à effet de serre de -70 % à horizon 2030 vis-à-vis de leur niveau de 1990. De plus, cette loi dispose que les cibles d'atténuation doivent être atteintes à moindre coût et sans dégrader les finances publiques⁵⁹. La mission relève qu'une évaluation *a posteriori* des effets économiques de cette cible a été effectuée par les Conseils économiques danois, une fois la cible définie⁶⁰. Par ailleurs, le gouvernement publie une évaluation économique de chaque programme climatique annuel (coût pour les ménages, les entreprises et les finances publiques) à partir de lignes directrices fixées par le ministère des Finances pour l'ensemble des ministères⁶¹. Pour autant, la stratégie bas-carbone du gouvernement danois n'a pas fait l'objet d'une évaluation macroéconomique rétroagissant sur son contenu. Le projet GreenREFORM (cf. section 2.1.2.2), en cours de développement, vise précisément à structurer une telle évaluation.

Au **Royaume-Uni**, les budgets carbone sont proposés par le Climate Change Committee⁶², qui s'assure de la soutenabilité globale des cibles de réduction – la contribution déterminée au niveau national du Royaume-Uni visant à réduire les émissions d'au moins 68 % d'ici à 2030 par rapport à 1990⁶³. Concernant le sixième budget carbone, le Climate Change Committee s'est appuyé sur une méthodologie d'analyse des coûts de la transition dépourvue de bouclage macroéconomique : rapportés au PIB, ces coûts ont été jugés acceptables, ce qui a conforté les recommandations du Climate Change Committee concernant les cibles de réduction des émissions⁶⁴. De plus, une évaluation macroéconomique externe des conséquences du sixième budget carbone a été sollicitée *via* le modèle E3ME de Cambridge Econometrics⁶⁵. Réalisée *a posteriori*, après la définition des trajectoires sectorielles, cette évaluation n'a pas rétroagi sur le contenu des budgets carbone.

⁵⁹ OCDE, « *Integrating Climate into Macroeconomic Modelling – Drawing on the Danish Experience* », février 2021.

⁶⁰ Conseils économiques, « *Economy and Environment, 2020* », 2020 ([Reports | De Økonomiske Råd \(dors.dk\)](#)). Les Conseils économiques, organes indépendants chargés de conseiller et d'évaluer le gouvernement danois en matière économique et budgétaire, regroupent le Conseil économique établi en 1962 et le Conseil économique et environnemental créé en 2007.

⁶¹ Source : Ministère des Finances (*Finansministeriet*), Danemark.

⁶² Le Climate Change Committee, organisme indépendant créé par la loi sur le climat de 2008, est chargé de conseiller le gouvernement sur les cibles de réduction des émissions à adopter et d'informer le Parlement sur les progrès en matière de réduction des émissions et d'adaptation aux effets du changement climatique.

⁶³ Climate Change Committee, Rapport sur le sixième budget carbone (décembre 2020) et étude d'impact du sixième budget carbone (avril 2021).

⁶⁴ La méthode retenue vise à calculer pour chaque année le coût supplémentaire lié à la production de biens et services de façon décarbonée. Les coûts supplémentaires des investissements bas-carbone (par exemple, le coût supplémentaire de l'achat d'une voiture électrique par rapport à une voiture thermique) sont évalués puis annualisés. Ainsi, l'analyse indique que le coût de la réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à la cible de zéro émission nette augmenterait pour atteindre 0,6 % du PIB dans les années 2030 et 2040, puis tendrait vers 0,5 % du PIB en 2050. Les scénarios démontrent la possibilité de coûts légèrement supérieurs ou inférieurs, tous autour de 1 % du PIB ou moins. Source : Climate Change Committee, *The Sixth Carbon Budget – The UK's path to Net Zero*, décembre 2020 (partie 2, chapitre 5.3.).

⁶⁵ Cambridge Econometrics, *Economic Impact of the Sixth Carbon Budget*, décembre 2020.

Rapport

Dans le parangonnage effectué par la mission, l'évaluation macroéconomique qui semble avoir eu le plus d'impact est celle conduite par la **Commission européenne** en préparation du paquet européen « *Fit for 55* »⁶⁶, même si cette évaluation n'est pas pleinement comparable à celle de la SNBC dans la mesure où son ambition était d'évaluer les effets de l'objectif global de réduction des émissions à horizon 2030 et non une stratégie de mise en œuvre de cette cible. L'évaluation a été menée à l'aide de trois modèles différents⁶⁷ et ses résultats ont été pris en compte pour évaluer la soutenabilité globale d'une cible de réduction de -55 % en 2030⁶⁸ par rapport à une cible de réduction de -50 % également envisagée. Les deux niveaux de cibles ont été évalués par les trois modèles et selon des variantes communes⁶⁹.

Les travaux d'évaluation macroéconomique ont été anticipés et mieux encadrés pour la SNBC 3 mais son processus de préparation ne garantit pas une prise en compte optimale des évaluations macroéconomiques dans les arbitrages à venir.

Deux temps d'évaluation macroéconomique par les modèles ThreeME et IMACLIM sont prévus pour la SNBC 3, l'un après le deuxième *run* à l'automne 2022 et l'autre *a posteriori* de la dernière version des scénarios fin 2023 ou début 2024 (cf. figure 1) tandis que la SNBC 2 n'avait fait l'objet que d'une seule évaluation macroéconomique *a posteriori*. La gouvernance a également été améliorée avec l'instauration d'un groupe de travail chargé de l'économie⁷⁰ (cf. encadré 2) et l'initiation d'une coordination par la DGEC entre les différents modélisateurs et les administrations parties prenantes sur le sujet⁷¹.

Néanmoins, la mission estime que toutes les conditions ne sont pas encore réunies pour organiser cette rétroaction de façon optimale.

D'abord, le premier *run* ne fait pas l'objet d'une évaluation macroéconomique alors que les résultats sont disponibles depuis juin 2022 et ont été mis à disposition des équipes de modélisation dans le cadre du groupe de travail chargé de l'économie de la SNBC 3 et des groupes de travail initiés par France Stratégie relatifs aux modèles de macroéconomie du climat (cf. section 2.1.2.3).

En outre, les résultats de l'évaluation du deuxième *run* risquent de ne pas être pleinement utiles à la prise de décision dans la mesure où la DGEC, dans le cadre des travaux du groupe de travail transversal chargé de l'économie, n'a prévu d'évaluer qu'un seul scénario, en plus du scénario à mesures existantes, à l'aide de la modélisation macroéconomique⁷².

⁶⁶ Commission européenne, septembre 2020, *ibidem* (EUR-Lex - 52020SC0176 - EN - EUR-Lex (europa.eu)).

⁶⁷ Modèle GEM-E3 du Joint Research Center de la Commission européenne, modèle E3ME de Cambridge Econometrics et modèle E-QUEST de la direction générale des affaires économiques et financières (ECFIN).

⁶⁸ L'analyse de l'impact de l'augmentation de la cible à -55 % portait également sur les aspects suivants : impact sur les ambitions en termes d'efficacité énergétique et de part des énergies renouvelables dans le mix énergétique, impacts sectoriels (dont impacts sur le système énergétique, impacts sur les émissions des autres gaz à effet de serre, impacts sur les sols, impacts environnementaux, pollution de l'air et santé, biomasse et utilisation des sols), impacts sociaux (emplois et ménages), impacts administratifs.

⁶⁹ Des variantes ont été faites autour de cinq dimensions : le niveau d'ambition des politiques climatiques des pays hors Union européenne, le mix d'instruments utilisés (plus ou moins de taxe carbone ou assimilée), les modalités de redistribution des revenus issus de la taxation du carbone, les imperfections sur le marché du travail et enfin le comportement des industries intensives en énergie et soumises à l'ETS européen.

⁷⁰ Ce groupe de travail vise à avoir un espace d'échange sur les enjeux économiques dans le cadre de la révision de la SNBC. Il poursuit plusieurs objectifs : recueillir les avis sur le cadrage des trajectoires de prix des énergies et prix du carbone dans les modélisations, réfléchir aux arbitrages intersectoriels, élaborer les trajectoires de chroniques d'investissement, l'évaluation macroéconomique du scénario (notamment autour des variantes visant à illustrer le poids de certains paramètres, partage des hypothèses pour le deuxième *run*) et l'évaluation des impacts sociaux de la transition (impact sur la facture des ménages et la précarité énergétique). Source : DGEC.

⁷¹ ADEME, CGDD, direction générale du Trésor, I4CE. Source : DGEC.

⁷² Des variantes pour des tests de sensibilité sont néanmoins discutées dans le groupe de travail chargé de l'économie, sans bouclage complet au stade de la préparation de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat. Les variantes portent sur les prix des énergies, un scénario de changement climatique fort, les changements

Toutefois, la multiplication éventuelle des variantes simulées et l'objectif d'une plus grande prise en compte des évaluations macroéconomiques dans la construction des scénarios appelle un renforcement du pilotage des modélisateurs par l'administration alors que le groupe de travail chargé de l'économie ne s'est réuni jusqu'à présent qu'en novembre 2021 et en juillet 2022 et que la DGEC pilote une comitologie importante dans le contexte de la stratégie française énergie-climat (cf. encadré 2)⁷³.

Proposition n° 1 : Renforcer la prise en compte des évaluations macroéconomiques lors de la préparation de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat, de la SNBC 3 ainsi que des projets de lois et de décrets mettant en œuvre cette stratégie.

2.1.2. La France est bien dotée en outils macroéconomiques mais l'administration, en particulier de l'économie et des finances, s'en saisit encore insuffisamment

L'annexe VI au présent rapport décrit en détails la liste des modèles macroéconomiques utilisés en France, en Allemagne, au Danemark, au Royaume-Uni et à la Commission européenne pour évaluer les politiques de transition vers la neutralité carbone, ainsi que leurs modalités d'utilisation administrative.

2.1.2.1. En France, quatre modèles macroéconomiques, majoritairement développés à l'extérieur de l'administration, sont utilisables à très court terme pour évaluer les politiques d'atténuation climatique

L'encadré 4 décrit les familles-type de modèles macroéconomiques utilisés pour les évaluations des politiques en faveur de la transition écologique.

Le **modèle ThreeME**, modèle d'équilibre général calculable, multisectoriel, a été développé conjointement par l'Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE) et l'ADEME. Il modélise de façon détaillée l'économie française⁷⁴. Le développement de la première version du modèle a été initié en 2008 et a duré deux ans. Entre 4,8 et 6,4 équivalents temps plein (ETP), dont l'essentiel d'effectifs permanents, ont été mobilisés sur le modèle ThreeME à l'OFCE chaque année depuis 2019⁷⁵. Utilisé pour l'évaluation de politiques publiques, notamment la SNBC de manière *ex ante*, ce modèle permet de réaliser des simulations jusqu'à l'horizon 2050 à une fréquence annuelle. Un module de micro-simulation, en particulier utile pour analyser les effets redistributifs des politiques bas-carbone, et un module incorporant des fonctions de dommage du climat sont en cours de développement.

comportementaux, la place du gaz et le degré de réindustrialisation. Source : DGEC, groupe de travail chargé de l'économie de la SNBC.

⁷³ L'ensemble de ces missions de pilotage est assuré par trois agents au sein de la DGEC. Source : DGEC.

⁷⁴ Le modèle ThreeME comprend 24 secteurs de production. Le secteur de l'énergie est lui-même divisé en 17 sous-secteurs, celui des transports en cinq sous-secteurs. Source : [ThreeME model | threeme](#)

⁷⁵ Soit entre 0,44 M€ et 0,55 M€ de dépenses de salaires environnées. Les effectifs permanents représentent 4,1 ETP en 2019, 4,3 ETP en 2020, 4,6 ETP en 2021 et 4,7 ETP en 2022. Source : OFCE.

Rapport

Les **modèles IMACLIM France**⁷⁶, modèles d'équilibre général calculable développés par le CIREC, modélisent aussi de façon détaillée l'économie française. Le développement de la première version du modèle, la version statique française, a été lancé en 1997 et a donné lieu à une publication trois ans plus tard⁷⁷. Au CIREC, entre 13,0 et 15,5 ETP ont été mobilisés sur l'ensemble des modèles IMACLIM (monde, pays, France) chaque année depuis 2019⁷⁸. Ces modèles sont utilisés pour l'évaluation des politiques bas-carbone en France, notamment la SNBC⁷⁹. Un module de micro-simulation est opérationnel.

Le **modèle NEMESIS**, modèle dynamique macroéconométrique utilisé par SEURECO, couvre la France mais aussi tous les autres pays de l'Union européenne. Il présente un certain niveau de désagrégation sectorielle, le module énergétique étant particulièrement développé. La première version du modèle a été conçue entre 1999 et 2002 dans le cadre du projet de recherche européen NEMESIS. Le développement du modèle NEMESIS se fait essentiellement dans un cadre et avec des financements européens. L'équipe affectée au modèle est composée de 4,5 ETP⁸⁰.

La France disposera également à compter de fin 2022 du modèle **Vulcain**, modèle d'équilibre général stylisé développé en interne par le CGDD. Ce dernier a également lancé en 2022 l'exploration du modèle **CGE BOX**⁸¹, développé par l'université de Bonn, avec pour objectif de l'utiliser pour l'évaluation de mesures ou de scénarios de transition bas-carbone en 2023.

Encadré 4 : Description des familles de modèles utilisés pour les évaluations macroéconomiques des politiques en faveur de la transition bas-carbone

1. Modèles d'équilibre général calculable (modèles MEGC)

Ces modèles, souvent de grande taille (plusieurs dizaines de milliers d'équations), présentent une granularité sectorielle importante. Ils sont calibrés à partir de résultats de la littérature, de relations comptables (à partir des tableaux d'entrées-sorties⁸²) ou pour répliquer des résultats *ex post*. Ils n'intègrent pas de comportement d'optimisation intertemporelle. En grande majorité, ces modèles sont résolus de manière statique et, dans certains cas, ils peuvent intégrer une dynamique récursive⁸³.

Les MEGC sont le type de modèle le plus utilisé pour évaluer les politiques climatiques. Les modèles **ThreeME** (ADEME/OFCE), **IMACLIM** (CIREC), **GEM-E3** (Joint Research Center de la Commission européenne), **ENV-linkages** (OCDE), **CGE-BOX** ou encore **GreenREFORM**, modèle en cours de construction au Danemark, relèvent de cette catégorie.

⁷⁶ Il existe deux modèles IMACLIM pour la France : un modèle statique (IMACLIM-S France) et un modèle dynamique récursif (IMACLIM-R France). Le CIREC a également développé un modèle dynamique récursif mondial (IMACLIM-R Monde) et des modèles pays.

⁷⁷ Voir Hourcade *et al.*, « Le Rôle du Changement Technique dans le Double Dividende d'écotaxes », Économie et Prévision 143-144, 2020.

⁷⁸ Soit entre 1,02 M€ et 1,17 M€ de dépenses de salaires environnées. Les effectifs permanents sont de 4 ETP à 5 ETP en fonction des années. 1,5 sur 14,0 ETP en 2019 et 2020, 2,7 sur 13,0 ETP en 2021 et 3,7 sur 15,5 ETP en 2022 sont consacrés aux modèles France (effectifs permanents et non permanents, modèles IMACLIM-R France et IMACLIM-S France). Source : CIREC.

⁷⁹ Via le modèle IMACLIM-S France. Une version dynamique française (IMACLIM-R) est en cours de mise à jour. Source : CIREC.

⁸⁰ Toutes fonctions comprises (recherche de partenaires européens, réponse aux appels à proposition, constitution de bases de données, nouveaux développements, entretien du modèle, simulations, rédaction de rapports ou d'articles), développements et études France et autres pays. Le temps pour les travaux relatifs à la France est estimé à 0,5 ETP. Source : SEURECO.

⁸¹ Modèle d'équilibre général calculable, sans déséquilibres sur les marchés (pas de chômage), multi-secteurs (57 secteurs) et multi-pays (utilisation de la base de données mondiale GTAP avec 140 pays). Source : CGDD.

⁸² Ces tableaux analysent chacun des produits de la nomenclature selon l'origine (production nationale ou importations) et sa destination (consommation finale, exportations, investissements).

⁸³ Le passage d'une période à l'autre est réalisé en actualisant les paramètres (la taxe carbone par exemple), ou par le biais d'équations d'accumulation (du capital par exemple).

2. Modèles macroéconométriques

Les modèles macroéconométriques recourent à des équations structurelles estimées par des techniques économétriques à partir de données historiques. Ces modèles présentent généralement un niveau de désagrégation sectorielle plus faible que les modèles MEGC.

Les comportements de long terme sont très proches de ceux des modèles MEGC. À court terme, ces modèles sont souvent fondés sur une approche néo-keynésienne qui se traduit par des déséquilibres temporaires. Ces modèles n'intègrent pas d'optimisation intertemporelle et les anticipations sont le plus souvent adaptatives.

Les modèles macroéconométriques utilisés dans le cadre de l'évaluation des politiques climatiques sont par exemple **E3ME** (Cambridge Econometrics, utilisé pour évaluer le paquet « *Fit for 55* »), **NiGEM** (National Institute of Economic and Social Research, utilisé par la Banque de France) ou **NEMESIS** (SEURECO).

3. Modèles d'évaluation intégrés (modèles IAM)

Ces modèles, riches en information sur le secteur de l'énergie mais limités dans leur représentation des secteurs non énergétiques, sont entièrement calibrés. Ils sont souvent utilisés dans une approche normative, par exemple afin de déterminer la hausse du prix du carbone optimale permettant de maximiser le bien-être des populations dans un cadre environnemental donné (par exemple, compte tenu d'une trajectoire de baisse des émissions), plutôt que dans une approche d'évaluation de politiques publiques. Ces modèles s'inscrivent dans la continuité du modèle « DICE » de William Nordhaus calculant la meilleure stratégie d'abatement des émissions de carbone.

Couplés au modèle macroéconomique NiGEM, ces modèles sont utilisés par le **NGFS** pour évaluer des scénarios de transition bas-carbone (cf. section 1.3.1).

4. Modèles d'équilibre général dynamique et stochastique (modèles DSGE)

Ces modèles tiennent compte explicitement du comportement d'anticipation d'agents rationnels, qui maximisent leur utilité pour les ménages et leur profit pour les entreprises de manière intertemporelle, sous contrainte de ressources. Ils incluent des frictions sur le marché du travail et le marché des biens et rendent possible un écart temporaire à l'équilibre de long-terme rendant plus réalistes les évaluations de court-terme. Les hypothèses de modélisation fortes et contraignantes rendent ces modèles peu souples dans leur utilisation⁸⁴.

Ces outils servent à l'évaluation des politiques climatiques en introduisant différentes technologies substituables, brunes ou vertes, ou en construisant un secteur de l'énergie faisant intervenir différentes sources (fossile, renouvelable).

La direction générale des affaires économiques et financières (ECFIN) de la Commission européenne utilise un modèle DSGE, le modèle **E-QUEST**, qui reste fruste dans sa désagrégation des autres secteurs de l'économie⁸⁵. E-QUEST a notamment été utilisé pour évaluer le paquet « *Fit for 55* ».

Sources : Mission ; direction générale du Trésor ; Frédéric Gherzi et al., « Les modèles intégrés économie-climat : quels usages pour quelles décisions ? », 2021.

⁸⁴ Par exemple, les valeurs de certains paramètres sont contraintes par le modèle pour assurer l'existence d'un sentier d'équilibre.

⁸⁵ Au nombre de sept : deux secteurs producteurs d'énergie, trois secteurs producteurs de biens à partir d'énergies fossiles, à partir d'électricité et non consommateur d'énergie, un secteur fortement émetteur de gaz à effet de serre et le reste des secteurs. Voir Varga, Roeger et in't Veld « *E-QUEST – A Multi-Region Sectoral Dynamic General Equilibrium Model with Energy* », Discussion Paper 145, Commission européenne, septembre 2021.

2.1.2.2. Les administrations et institutions étrangères examinées par la mission sont relativement moins bien dotées en outils macroéconomiques que la France

Deux administrations étrangères consultées par la mission ne se livrent pas encore à l'évaluation macroéconomique de leurs politiques bas-carbone via un modèle dédié.

Le **Danemark** ne dispose pas de modèle macro-climatique à ce jour. Toutefois, le projet GreenREFORM⁸⁶ vise à développer un outil permettant une évaluation simultanée des effets économiques des politiques climatiques et des conséquences climatiques des politiques économiques. Ce projet consiste à concevoir un modèle d'équilibre général calculable (cf. encadré 4), hybride (cf. section 2.1.2.3) et multisectoriel, porté par l'Institut danois de recherche pour l'analyse et la modélisation économique (DREAM)⁸⁷. Ce modèle devrait être opérationnel fin 2022.

À la date de la mission, le ministère fédéral chargé de l'économie et de la protection du climat en **Allemagne** n'utilise pas de modèle de macroéconomie climatique pour évaluer les politiques d'atténuation. En revanche, le ministère a diligenté des études externes en janvier 2022 pour étudier les effets du changement climatique et des mesures liées à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique sur le développement économique global et sur le potentiel de production à court (de 1 à 3 ans), moyen (de 4 à 8 ans) et long terme (en 2045 et au-delà), d'abord de manière qualitative en ce qui concerne les canaux de transmission, puis de manière empirique et quantitative⁸⁸.

Deux autres administrations diligentent, en interne ou en externe, des évaluations à l'aide de modèles macroéconomiques, mais le nombre d'outils mobilisables semble moins important qu'en France.

Au **Royaume-Uni**, l'investissement du ministère chargé de l'économie et des finances (*Her Majesty's Treasury*) dans les modèles macro-climatiques est récent⁸⁹. Ce dernier utilise à ce jour deux modèles : le modèle macroéconométrique NiGEM (extension relative au climat) et un modèle d'équilibre général calculable (cf. encadré 4) que le *Treasury* britannique a construit sur la base de modèles existants⁹⁰.

La **Commission européenne** est, dans le parangonnage de la mission, la mieux dotée des institutions observées. En effet, l'évaluation macroéconomique du paquet « *Fit for 55* » a été conduite à l'aide de trois modèles différents : le modèle GEM-E3 du Joint Research Center, le modèle E3ME de Cambridge Econometrics et le modèle E-QUEST de la direction générale des affaires économiques et financières (ECFIN).

⁸⁶ Voir par exemple : <https://dreamgroup.dk/greenreform/>.

⁸⁷ Le groupe DREAM est une institution gouvernementale indépendante qui réalise des analyses statistiques et descriptives de l'économie danoise. Il met à disposition des modèles économiques, des projections démographiques et des analyses quantitatives. Les utilisateurs sont des ministères, des organisations non gouvernementales et des groupes de réflexion. Source : [DREAM | About us \(dreamgroup.dk\)](https://dreamgroup.dk)

⁸⁸ Source : Ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du Climat (BMWK), Allemagne.

⁸⁹ Le *Treasury* ne disposait pas encore de modèles macro-climatiques au moment de la proposition du sixième budget carbone par le Climate Change Committee en décembre 2020. L'étude d'impact publiée par le gouvernement en avril 2021 a été faite sur la base des coûts d'abattements. Enfin, la *Net Zero Review* publiée en octobre 2021 s'appuyait, pour les évaluations macroéconomiques, sur des modèles externes. Sources : Ministère chargé de l'économie et des finances, Royaume-Uni ; étude d'impact du sixième budget carbone, pages 50 et 51, points 187 et 188 ; *Net Zero Review*, chapitre 1, pp. 11-13.

⁹⁰ Modèles GTAP et CGE BOX. Source : Ministère de l'Économie et des Finances, Royaume-Uni.

2.1.2.3. L'ensemble des modèles macroéconomiques servant à l'évaluation des politiques bas-carbone en France et à l'étranger possèdent les mêmes spécificités et limites

Au moins deux spécificités des modèles de macroéconomie du climat les distinguent des outils traditionnels d'évaluation macroéconomique.

La **désagrégation sectorielle** propre à ces modèles, en particulier les modèles d'équilibre général calculable et les modèles macroéconométriques, soulève des enjeux techniques. La calibration ou l'estimation des paramètres doit atteindre un degré de finesse⁹¹ que les données disponibles ne sont pas toujours susceptibles de satisfaire. Lorsque le modèle est multi-pays, la cohérence entre les comptes nationaux et les données de commerce international doit être assurée à une maille sectorielle qui est plus granulaire que l'échelle des modèles macroéconomiques traditionnels, tandis que ces bases de données doivent également intégrer des extensions environnementales.

De plus, l'**approche hybride** consiste à coupler une structure macroéconomique et des modules technico-économiques afin d'intégrer des contraintes techniques reflétant des réalités physiques et climatiques documentées par des ingénieurs. Dans les modules technico-économiques, par exemple, la consommation d'énergie n'est pas mécaniquement liée au revenu des ménages comme dans les modèles macroéconomiques classiques, mais au stock de logements et d'équipements (voitures par exemple) ou encore à l'intensité énergétique des biens du panier de consommation. L'utilisation d'un équipement peut augmenter avec le revenu disponible ou être soumise à des seuils de saturation sur la base de critères physiques. L'approche hybride renforce ainsi la complexité des modèles en introduisant des non-linéarités et des effets de seuil qui perturbent les algorithmes de résolution.

Du point de vue de l'administration, ces spécificités techniques créent un effet « boîte noire » qui peut limiter la portée des évaluations de politiques climatiques.

D'une part, le haut niveau de technicité des modèles – en particulier d'équilibre général calculable – et de leur utilisation⁹² opacifie la compréhension des canaux de transmission et l'interprétation des résultats éclairant le choix de politiques publiques, d'autant plus quand l'administration confie l'évaluation macroéconomique à des prestataires extérieurs.

D'autre part, plusieurs frictions sont capturées de manière insuffisante par les modèles existants, à l'instar des déséquilibres sur le marché du travail ou encore des effets d'éviction sur l'investissement (par exemple, dans le modèle ThreeME tel qu'utilisé pour évaluer la SNBC 2, cf. section 1.3.3, ou encore dans le modèle GreenREFORM au Danemark⁹³). La sensibilité des variables macroéconomiques à ces déséquilibres en cas de mise en œuvre de politiques climatiques d'atténuation est ainsi mal appréhendée. Dans ce contexte, France Stratégie a mis en place des groupes de travail en avril 2022, associant des modélisateurs et des administrations, afin d'améliorer l'évaluation des effets macroéconomiques de la transition climatique.

Proposition n° 2 : Formaliser une initiative associant l'administration et des organismes de recherche en macroéconomie du climat afin de poursuivre l'amélioration des modèles utiles à l'évaluation des politiques bas-carbone et mettre en œuvre une feuille de route interministérielle des améliorations prioritaires des modèles.

⁹¹ Par exemple, la désagrégation de la production d'électricité selon différentes sources d'énergie nécessite en parallèle la définition d'autant de fonctions de production avec des quantités définies de travail et de capital.

⁹² Par exemple : 14 000 équations et 70 000 paramètres dans le modèle ThreeME (source : direction générale du Trésor) ; environ une à deux heures de calcul sur ordinateur seraient nécessaires pour calibrer et simuler un choc dans le modèle GreenREFORM (source : Institut DREAM).

⁹³ Dans le modèle en développement, à ce stade, le taux d'intérêt nominal est fixe compte tenu des caractéristiques de l'économie danoise (petite économie ouverte dont la devise est arrimée à l'euro). Source : Institut DREAM.

2.1.2.4. En France, l'administration s'est appropriée de manière variable les modèles disponibles permettant d'évaluer les effets macroéconomiques des politiques bas-carbone alors qu'ils sont ouverts et relativement bien documentés

L'ADEME est le premier utilisateur de ces modèles au sein de l'administration en France, en particulier de ThreeME. Deux modélisateurs, dans les équipes de l'agence, maîtrisent le modèle ThreeME et réalisent les évaluations de la SNBC⁹⁴. L'ADEME signe une convention de recherche annuelle avec l'OFCE, qui est la première source de financement pour le développement du modèle ThreeME⁹⁵. Cette agence est enfin le premier commanditaire d'études pour la France avec le modèle IMACLIM⁹⁶ entre 2019 et 2022 et le deuxième avec NEMESIS sur la même période⁹⁷.

Le CGDD a co-publié avec l'ADEME l'évaluation de la SNBC 2 par le modèle ThreeME⁹⁸. À cette occasion, il a audité et pris en main le modèle. Le CGDD, qui compte 1,5 ETP⁹⁹ de modélisateurs sur les outils d'évaluation macroéconomique des politiques climatiques, se concentre aujourd'hui sur l'exploration et le développement d'autres modèles¹⁰⁰, dans une logique de complémentarité avec ThreeME.

La **direction générale du Trésor** n'a pas commandé d'étude à l'OFCE, au CIRED ou à SEURECO parmi les études recensées par la mission depuis 2019. Cette direction n'est pas signataire de conventions de recherche avec ces organismes. En revanche, elle a consacré 1,15 ETP de modélisateurs à la prise en main de deux modèles, ThreeME et Oxford Economics. Cela représente un investissement récent¹⁰¹ mais significatif¹⁰². Les équipes de la direction générale du Trésor n'ont pas eu de formation récente à l'utilisation de ThreeME¹⁰³ et n'ont pas eu à ce jour d'échange avec les équipes du CIRED dans le cadre de leurs travaux d'exploration des modèles.

⁹⁴ Source : ADEME.

⁹⁵ 263 000 € en moyenne par an entre 2019 et 2022. Source : OFCE.

⁹⁶ Sur cette période, l'ADEME a commandé trois études pour un montant total de 210 000 €. Les autres contrats sont des contrats du ministère chargé de la transition écologique pour un montant de 110 000 € et des contrats avec l'Agence française de développement (AFD) pour des transferts de capacités pour un montant de 784 000 €. Source : CIRED.

⁹⁷ France Stratégie a commandé deux études dans le cadre de l'exercice de prospective des métiers et qualifications et l'ADEME une étude dans le cadre du projet LIFE. Source : SEURECO.

⁹⁸ Ministère de la Transition écologique et solidaire, février 2022.

⁹⁹ Deux chargés d'étude consacrant chacun 0,75 ETP aux travaux de modélisation. Source : CGDD.

¹⁰⁰ Vulcain et adaptation à la France de CGE BOX s'agissant des modèles macroéconomiques. Source : CGDD.

¹⁰¹ Une première exploration de ThreeME a été initiée en 2020. Les travaux sur les modèles à proprement parler ont commencé début 2021 avec la prise en main de ThreeME et se sont intensifiés à partir de septembre 2021. Source : Direction générale du Trésor.

¹⁰² Le bureau politique macroéconomique France (« Macro 1 ») de la sous-direction chargée des politiques macroéconomiques compte 4 modélisateurs sur les modèles macroéconomiques. Source : Direction générale du Trésor.

¹⁰³ Cinq personnes ont été formées à la version 1 de ThreeME, 12 personnes à la version 2 et 11 à la version 3. Ces personnes sont à l'OFCE, au CGDD ou encore à l'ADEME. Source : OFCE.

Rapport

Pourtant, la plupart de ces modèles macroéconomiques sont accessibles et relativement bien documentés (cf. tableau 1).

Les équipes de recherche du CIRED et de l'OFCE ont fait le choix de modèles libres qui peuvent ainsi être utilisés par les différentes administrations de l'État. La troisième version du modèle ThreeME est en *open source*, avec une documentation détaillée et l'accès aux données et au code qui fournissent la calibration. La quatrième version de ThreeME sera mise à disposition sous format libre courant 2023. Le code du modèle IMACLIM-S France est en *open source* et une documentation du modèle pays est accessible¹⁰⁴.

S'agissant du modèle NEMESIS, la documentation est librement accessible mais pas le code à ce jour. La poursuite du développement du modèle dans un cadre européen conduira à ouvrir davantage le code du modèle dans les prochaines années. Son ouverture est ainsi prévue dans le cadre de la construction de sa version mondiale qui débutera en décembre 2022 ; la publication du code en *open source* devrait ainsi intervenir à l'horizon 2026¹⁰⁵.

Tableau 1 : Accessibilité des différentes versions de ThreeME et des modèles IMACLIM

Modèle et version	Disponibilité des données (O/N)	Accessibilité du code (O/N)	Disponibilité d'une documentation technique [données, estimation et calibration] (O/N)	Disponibilité d'une documentation technique [simulation de scénarios] (O/N)
ThreeME				
Version 1	N	N	N	N
Version 2	O	O	O	O
Version 3	O	O	O	O
IMACLIM				
IMACLIM-S France	O	O	O	N
IMACLIM-R Monde	N	N	O	O
IMACLIM-R France	N	N	O	O

Sources : OFCE, CIRED.

¹⁰⁴ Pour IMACLIM, un code Python en accès libre ayant vocation à couvrir tous les modèles pays est en cours de livraison. Il serait envisageable de recoder aussi les modules techniques du modèle IMACLIM-R France sur cette plateforme Python (durée estimée de 6 mois). Source : CIRED.

¹⁰⁵ Source : SEURECO.

2.1.3. L'implication du ministère chargé de l'économie et des finances dans le pilotage macroéconomique des politiques bas-carbone doit être renforcée, y compris en mobilisant des outils stylisés ou des études ciblées, à l'instar d'autres pays européens

Le parangonnage effectué par la mission n'avait pas pour objet de comparer l'organisation des ministères de l'économie et des finances en France et dans les administrations étrangères observées. Toutefois, cet exercice de comparaison a permis de **rassembler plusieurs indices** concernant les moyens humains et financiers mobilisés dans le pilotage macroéconomique des politiques bas-carbone.

Chez nos voisins européens, la plus grande implication du ministère chargé de l'économie et des finances se traduit par davantage de moyens humains et financiers et le recours à des outils d'évaluation stylisés.

Ainsi, 15 à 20 personnes – qui s'ajoutent aux agents traitant des politiques climatiques dans les différentes équipes – constituent la cellule de coordination dédiée au climat au **Treasury britannique** et sont chargées d'élaborer la *Net Zero Review*, rapport analytique qui explore les enjeux de la décarbonation de l'économie britannique. Au **Danemark**, 25 personnes¹⁰⁶ ont été réunies pour créer le Centre pour le climat, l'énergie verte et l'Europe au ministère des Finances qui joue un rôle pilote dans le projet GreenREFORM¹⁰⁷ (cf. section 2.1.2.2).

S'agissant des moyens de modélisation, trois modélisateurs¹⁰⁸ ont pris en main et adapté le modèle CGE BOX au **Royaume-Uni**. À la direction générale ECFIN de la **Commission européenne**, 1 à 2 ETP sont chargés de macroéconomie climatique. Ils ont développé le modèle E-QUEST qui sert à évaluer les conséquences macroéconomiques des politiques d'atténuation¹⁰⁹.

Concernant les moyens financiers, en 2019, au **Danemark**, le ministère des Finances a rejoint le projet GreenREFORM en finançant la création d'un groupe de quatre économistes et quatre assistants de recherche dédiés aux modèles dans l'institut DREAM. La subvention versée au projet par le ministère des Finances est de l'ordre de 2 M€ au total sur la période d'octobre 2019 à la fin de 2022¹¹⁰. En **Allemagne**, le ministère fédéral chargé de l'économie et de la protection du climat dispose d'environ 11 M€ par an pour diligenter des études externes auprès d'économistes¹¹¹. Cette enveloppe a par exemple été utilisée pour lancer une étude en janvier 2022 sur les effets du changement climatique et des mesures liées à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique (cf. section 2.1.2.2).

Enfin, au **Royaume-Uni** et en **Allemagne** par exemple, ces moyens humains et financiers sont aussi mobilisés pour piloter des évaluations économiques des politiques climatiques ne reposant pas sur des modèles macroéconomiques dédiés (cf. encadré 4).

¹⁰⁶ Redéploiements et créations de postes. Source : Ministère des Finances, Danemark.

¹⁰⁷ Le développement de GreenREFORM est formellement divisé en un projet de recherche, qui finance un groupe de recherche composé de chercheurs de l'Université de Copenhague et de l'Université d'Aarhus, et un projet financé par une subvention du ministère des Finances en 2019, qui finance un groupe modèle permanent. Source : [Project description \(dreamgroup.dk\)](#).

¹⁰⁸ Source : Ministère de l'Économie et des Finances, Royaume-Uni.

¹⁰⁹ Source : Commission européenne, direction générale ECFIN.

¹¹⁰ Source : Institut DREAM, Danemark.

¹¹¹ Source : Ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du climat (BMWK), Allemagne.

Encadré 5 : Des outils stylisés d'évaluation macroéconomique des politiques bas-carbone

1. **Au Royaume-Uni, la Net Zero Review du Treasury**¹¹²

Au Royaume-Uni, en 2019, le *Treasury* a annoncé qu'il publierait un rapport analytique, la *Net Zero Review*, pour analyser, à partir des données existantes, les principales questions et les compromis à faire au fur et à mesure que le Royaume-Uni avance vers la neutralité carbone, dans un contexte d'incertitude importante sur les technologies et les coûts, ainsi que sur l'évolution de l'économie au cours des trente prochaines années.

La première *Net Zero Review* a été publiée en octobre 2021. Elle porte sur les enjeux suivants : les impacts globaux de la transition vers la neutralité carbone sur l'économie, l'impact sur la compétitivité et l'analyse des fuites de carbone, les impacts sur les ménages et les facteurs expliquant le degré d'exposition des ménages à la transition, la mobilisation des instruments de politique publique et notamment ceux relatifs au prix du carbone et les implications sur les finances publiques des politiques de transition.

La *Net Zero Review* ne se fonde pas sur un modèle macroéconomique au sens strict. Elle croise des analyses qualitatives et quantitatives, internes et externes, s'appliquant parfois à d'autres pays et différents types d'outils et données. La *Net Zero Review* s'appuie aussi sur les résultats des évaluations macroéconomiques¹¹³ disponibles. Elle s'appuie aussi sur des données issues de maquettes simplifiées comme celle de l'Office for Budget Responsibility (cf. section 1.4) et sur des bases de données (par exemple de l'OCDE), permettant d'apprécier l'exposition relative de certains secteurs ou catégories de ménages. L'étude s'est également appuyée sur les modèles sectoriels détenus par les autres ministères.

La *Net Zero Review* assume une part d'incertitude. Elle est le fruit d'un processus itératif, avec un premier rapport intermédiaire publié à l'automne 2020 et un rapport final publié en octobre 2021. Deux des six chapitres du rapport final, relatifs à l'exposition des ménages à la transition et à l'évolution des factures d'électricité, assument explicitement cette part d'incertitude caractérisant l'évaluation.

2. **En Allemagne, une étude sur la production potentielle publiée dans le cadre du rapport de printemps 2022 sur les prévisions**

En Allemagne, l'institut Leibniz pour la recherche économique (RWI) a examiné l'impact potentiel des politiques de transition sur la production potentielle par deux canaux de transmission : l'évolution du *mix* énergétique et l'accélération de la dépréciation du capital. Le RWI a analysé les deux canaux de façon séparée et sans bouclage macroéconomique.

Afin d'évaluer l'impact de l'évolution du *mix* énergétique et de la réduction de la consommation d'énergie, l'étude modifie la fonction de production classiquement utilisée par l'institut pour estimer la production potentielle allemande conformément aux lignes directrices de l'Union européenne¹¹⁴. Ainsi, une fonction de production à élasticité de substitution constante, présentant un sous-agrégat énergétique, est modélisée¹¹⁵. Sur cette base, le RWI a fait différentes hypothèses d'évolution des technologies permettant les économies d'énergie afin de chiffrer le progrès technique nécessaire à l'atteinte de la production potentielle telle que prévue, à modèle constant, par les instituts.

Le RWI a aussi évalué l'impact des actifs échoués en faisant varier le taux de dépréciation des actifs, par grandes catégories d'actifs, pour un taux d'investissement constant.

Sources : Her Majesty's Treasury, « *Net Zero Review. Analyses Exploring the Key Issues* », 2021 ; BMWK, *projections des instituts* (« *Gemeinschaftsdiagnose* »), printemps 2022.

¹¹² [Net Zero Review Final Report - GOV.UK \(www.gov.uk\)](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/100111/Net-Zero-Review-Final-Report.pdf).

¹¹³ Comme celles de Cambridge Econometrics ou de la Commission européenne. Source : *Net Zero Review*, octobre 2021.

¹¹⁴ Commission européenne, « *Méthodologie de la fonction de production pour calculer les taux de croissance potentiels et les écarts de production* », Economic Papers 535, novembre 2014.

¹¹⁵ Sur les travaux inspirant la méthode du RWI, voir notamment : [Directed Technical Change as a Response to Natural-Resource Scarcity \(su.se\)](https://www.su.se/research/publications/2019/01/01/directed-technical-change-as-a-response-to-natural-resource-scarcity).

En France, les moyens alloués au pilotage macroéconomique des politiques visant la neutralité climatique semblent moins importants qu'ailleurs.

La mission a examiné uniquement la prise en compte des enjeux macro-économiques et budgétaires de la transition et n'a pas documenté comment les enjeux climatiques sont traités dans l'ensemble des travaux. En matière de coordination, la direction générale du Trésor s'appuie sur un expert de haut niveau délégué aux enjeux climatiques et environnementaux. Cette direction a en outre fait un investissement récent dans les modèles de macroéconomie climatique (1,15 ETP du bureau chargé de la politique macroéconomique France¹¹⁶, cf. section 2.1.2.4). Les moyens en résultant semblent toutefois moins importants qu'au Royaume-Uni, au Danemark et à la Commission européenne au regard des pratiques documentées par la mission lors de son parangonnage.

Par ailleurs, au terme de ses investigations, la mission relève que la direction générale du Trésor ne dispose pas de budget pour diligenter des études ou participer au développement des modèles issus d'organismes de recherche extérieurs à des fins d'évaluation des politiques d'atténuation, ce qui se traduit aujourd'hui par son absence dans la gouvernance des modèles (cf. section 2.1.2.4).

Proposition n° 3 : Créer, au ministère chargé de l'économie et des finances, une capacité interne d'évaluation macroéconomique des politiques visant la neutralité carbone en privilégiant la prise en main des modèles macroclimatiques existants à la construction d'un nouveau modèle.

Pour être opérationnelle à brève échéance, cette capacité interne d'évaluation, qui serait localisée à la direction générale Trésor, doit se fonder sur **la prise en main de modèles gratuits, accessibles et déjà connus** de l'administration (le modèle ThreeME de l'OFCE et un modèle IMACLIM du CIREN) et non sur la construction d'un nouveau modèle.

Pour assurer la montée en puissance du ministère chargé de l'économie et des finances en matière d'évaluation macroéconomique des politiques climatiques, **cette prise en main doit être complète** (audit du modèle et capacité à faire les simulations, par exemple l'évaluation de la SNBC, en toute autonomie) et aller le cas échéant jusqu'à la modification du modèle pour en créer une version interne.

Proposition n° 4 : Malgré l'incertitude enveloppant les effets macroéconomiques des politiques de neutralité carbone, encourager l'évaluation de ces politiques en recourant à des outils d'évaluation stylisés.

Dès à présent, les conséquences macroéconomiques des politiques bas-carbone sur la **production potentielle** pourraient être davantage analysées *via* des modèles sans bouclage macroéconomique, à l'instar de ce qui a été observé en Allemagne par la mission.

Sur le modèle de la **Net Zero Review** du *Treasury* britannique, la direction générale du Trésor pourrait piloter une évaluation des effets économiques associés à la transition bas-carbone sans s'appuyer uniquement sur des outils de modélisation macroéconomique et en assumant qu'un tel exercice impliquerait, à date, une part d'incertitude. Cette analyse, qui serait publiée sous la forme d'un rapport dédié ou non, porterait sur :

- ◆ les méthodes d'évaluation de l'impact macroéconomique et budgétaire des politiques visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
- ◆ la prise en compte de ces évaluations dans les prévisions macroéconomiques et des finances publiques de moyen terme ;

¹¹⁶ Ces moyens humains sont consacrés à l'identification et l'analyse des modèles existants, leur prise en main et la participation aux travaux pilotés par France Stratégie (cf. section 2.1.2.3) ainsi qu'au groupe de travail « économie » de la SNBC (cf. encadré 2).

Rapport

- ◆ les principaux risques pour les finances publiques associés à la mise en œuvre de ces politiques.

Cette analyse pourrait être formalisée au plus tard un an après l'adoption de la prochaine SNBC.

2.2. La SNBC 3 qui découlera de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat pourra difficilement être mise en cohérence avec la prochaine loi de programmation des finances publiques (LFPF)

2.2.1. La SNBC 2 se prêtait difficilement à l'évaluation budgétaire tandis que les impacts de la SNBC 3 – en cours de préparation – sur les finances publiques ne font à ce stade l'objet d'aucun chiffrage

Le coût budgétaire des mesures nécessaires à la mise en œuvre de la SNBC 2 et ayant un impact budgétaire n'a pas fait l'objet d'un chiffrage au moment de la conception de la stratégie.

D'une part, ce défaut de chiffrage tenait à l'absence de documentation de l'ensemble des mesures nécessaires à l'atteinte des cibles, cette précision insuffisante de la stratégie fragilisant aussi les évaluations macroéconomiques. Dans la SNBC 2, les mesures non encore identifiées représentaient une part significative des mesures nécessaires à l'atteinte des cibles, de l'ordre de 17 millions de tonnes de CO₂ par rapport à la cible fixée en 2050¹¹⁷.

Le chiffrage des mesures d'ores et déjà identifiées dans la SNBC 2 n'a pas non plus été effectué, en tous cas pas de façon consolidée par la DGEC ou la direction du budget. Ce chiffrage aurait été plus ou moins précis en fonction des mesures, la SNBC 2 ne définissant pas toujours les modalités concrètes de mise en œuvre (calendrier et/ou périmètre de mise en œuvre par exemple) nécessaires au chiffrage¹¹⁸. Ce travail de chiffrage aurait nécessité un travail transversal, la SNBC concernant tous les secteurs de l'économie à l'inverse de la PPE qui cible précisément des trajectoires de développement des énergies renouvelables et des enveloppes budgétaires associées.

La loi de programmation relative à l'énergie et au climat ne comporte pas de volet relatif aux ressources nécessaires à son financement et les groupes de travail pilotés par la DGEC n'ont procédé à aucune évaluation consolidée sur cet aspect alors qu'une toute première version des scénarios de transition bas-carbone a été produite en juin 2022.

¹¹⁷ Source : ADEME, « *Évaluation d'un scénario SNBC 2 sans hausse de taxe carbone et sans prix fictifs ad hoc* », juin 2020. La suppression des signaux-prix fictifs *ad hoc* (cf. encadré 1), sous l'hypothèse de déploiement du mix énergétique de la SNBC 2 initialement prévu, entraîne un excès d'émissions de l'ordre 17 millions de tonnes de CO₂.

¹¹⁸ La SNBC 2 recommande par exemple de faciliter la recharge à domicile et sur le lieu de travail en accompagnant notamment le déploiement des infrastructures de recharge en habitat collectif *via* des mesures législatives et réglementaires et des aides financières, de renforcer les aides pour accompagner tous les ménages dans les travaux de rénovation et d'accélérer les investissements dans la rénovation des bâtiments, de rendre les bâtiments publics exemplaires en matière d'efficacité énergétique avec un objectif de - 15 % en 5 ans. Source : Stratégie nationale bas-carbone, mars 2020.

Rapport

La vocation de la loi de programmation relative à l'énergie et au climat est de définir les objectifs des politiques d'atténuation et de la politique énergétique¹¹⁹. Pour l'un des objectifs, la rénovation énergétique, l'incidence sur les finances publiques est explicite dans la définition de la loi¹²⁰ mais il n'est pas prévu que cette dernière définisse la trajectoire ou l'enveloppe des incitations financières correspondantes¹²¹. Les ressources publiques mobilisées ont plutôt vocation à être prévues dans la PPE.

Toutefois, que des ressources financières soient inscrites ou non dans la loi de programmation relative à l'énergie et au climat, il devrait y avoir un enjeu de démonstration de sa compatibilité avec la programmation pluriannuelle des finances publiques, comme pour toutes les lois de programmation¹²². La loi organique du 28 décembre 2021 prévoit en effet que le Haut Conseil des finances publiques est saisi par le gouvernement des dispositions des projets de loi de programmation ayant une incidence sur les finances publiques¹²³. Or, à ce stade, la mission n'a pas identifié d'évaluation consolidée du coût des premières mesures identifiées par les groupes de travail sectoriels ni d'indication sur leur efficacité relative.

Un chiffrage des mesures semble pourtant possible au regard du premier *run* d'élaboration de la SNBC 3 (cf. figure 1) présenté début juin 2022 par la DGEC dans le cadre des groupes de travail de la stratégie française énergie-climat. Il contient des projets de mesures susceptibles de chiffrage et d'évaluation : certaines sont d'ores et déjà chiffrées¹²⁴, d'autres prolongent ou amplifient des mesures ayant déjà un historique de dépenses¹²⁵. Sur d'autres mesures, des travaux de chiffrage peuvent être lancés à partir des hypothèses prises dans le premier *run* et de la connaissance des dispositifs actuels¹²⁶.

Proposition n° 5 : Renforcer le pilotage des effets pluriannuels sur les finances publiques des politiques d'atténuation inscrites dans la loi de programmation relative à l'énergie et au climat ainsi que dans la SNBC 3.

Une double logique d'évaluation pourrait régir ces travaux :

- ◆ produire des évaluations dans une logique de **chiffrage et d'efficacité**, en particulier compte tenu des courbes de coûts d'abattement, si elles sont disponibles, ou encore de l'efficacité attendue dans le cadre des travaux sectoriels de la SNBC. Les travaux relatifs à l'efficacité des mesures pourront se nourrir des évaluations conduites dans le cadre du groupe de travail chargé du pilotage des évaluations macroéconomiques (cf. **proposition n° 1**) ;

¹¹⁹ Article L. 100-1 A du code de l'énergie.

¹²⁰ Article L. 100-1 A du code de l'énergie, I-5 : « *L'atteinte [des objectifs de rénovation énergétique dans le secteur du bâtiment] repose sur une incitation financière accrue aux rénovations énergétiques performantes et globales [...] via la mise en œuvre d'un système stable d'aides budgétaires, d'aides fiscales de l'État [...]* ».

¹²¹ La loi de programmation relative à l'énergie et au climat doit en revanche définir le rythme des rénovations sur le fondement de l'article L. 100-1 A du code de l'énergie.

¹²² Au regard de l'avis du Conseil d'État du 17 décembre 2020 sur le projet de loi de programmation relatif au développement solidaire et à la lutte contre les inégalités mondiales, la loi de programmation relative à l'énergie et au climat semblerait pouvoir être considérée comme une loi de programmation au sens de l'article 34 de la Constitution, en raison de son contenu portant sur des objectifs chiffrés de l'action publique dans le domaine de l'énergie. Source : Direction du budget.

¹²³ Loi organique n° 2021-1836 du 28 décembre 2021 relative à la modernisation de la gestion des finances publiques, article 30.

¹²⁴ Par exemple, pour les forêts et les sols : 500 M€ consacrés à la consolidation de la filière bois (France 2030).

¹²⁵ Par exemple, pour l'industrie, le prolongement des appels à projet du plan de relance (dont France 2030) et pour les bâtiments, le doublement du fonds chaleur d'ici 2025 et maintien jusqu'en 2050.

¹²⁶ Par exemple pour les bâtiments, la rénovation de l'ensemble des passoires thermiques d'ici 2028 (en B/C/D).

- ◆ recourir à des **outils stylisés** permettant, au fil des *runs* de la SNBC 3 et de sa mise en œuvre, d'effectuer une évaluation consolidée, en recettes et en dépenses, des impacts potentiels de cette stratégie sur les finances publiques (cf. section 1.4).

2.2.2. Les hypothèses de croissance potentielle, qui serviront notamment à construire la prochaine LPFP, pourraient davantage prendre en compte les effets des politiques d'atténuation

Les hypothèses de croissance potentielle réalisées par le ministère chargé de l'économie et des finances en France n'intègrent pas explicitement les conséquences des politiques climatiques d'atténuation.

Les simulations macroéconomiques examinées par la mission (cf. section 1.3.3) ainsi que les évaluations budgétaires documentées à l'étranger (cf. section 1.4) suggèrent que les politiques de transition peuvent avoir des effets adverses sur l'économie à court et moyen terme qui ne sont pas pris en compte actuellement.

La mission a donc tenté d'identifier des « points d'entrée » climatiques¹²⁷ dans les processus de construction des prévisions de finances publiques de court et moyen terme ainsi que des hypothèses sous-jacentes de croissance potentielle.

De même, l'estimation de la croissance potentielle réalisée par la direction générale du Trésor repose sur une modélisation de la productivité globale des facteurs, du travail et du capital¹²⁸ qui ne prend pas en compte explicitement les politiques de transition bas-carbone.

Ainsi, la prochaine loi de programmation des finances publiques (LPFP) pour 2022-2028 reposera sur des hypothèses de croissance potentielle qui ne reflètent pas les effets éventuels des politiques bas-carbone.

Le parangonnage réalisé par la mission suggère pourtant que la mise en œuvre des politiques d'atténuation est susceptible d'affecter la production potentielle ainsi que le compte central des prévisions macroéconomiques et budgétaires.

En **Allemagne**, les prévisions du gouvernement, guidées par les prévisions de cinq instituts de recherche économique indépendants¹²⁹, ne prennent pas en compte à ce jour explicitement les politiques de transition bas-carbone.

¹²⁷ Afin que les procédures de gestion des finances publiques existantes soutiennent efficacement les politiques d'adaptation et d'atténuation, le FMI a identifié divers « points d'entrée » (*entry points*) au sein du cycle budgétaire permettant de prendre en compte les objectifs climatiques (planification stratégique et cadre budgétaire, préparation du budget, exécution du budget et comptabilité, contrôle et audit). S'agissant de l'étape de planification stratégique, le FMI indique que les prévisions et modélisations macro-budgétaires qui intègrent les impacts climatiques et environnementaux peuvent contribuer à la préparation de la stratégie de finances publiques. Selon le Fonds, le changement climatique, comme d'autres changements structurels importants (par exemple, le vieillissement de la population), devrait être pris en compte dans l'analyse de la soutenabilité budgétaire à long terme, au moins de manière qualitative. Source : FMI, « *Climate-Sensitive Management of Public Finances* », IMF Staff Climate Note Series, août 2021.

¹²⁸ Direction générale du Trésor, Lettre Trésor-Éco n° 206, septembre 2016.

¹²⁹ Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) Berlin, ifo Institut, Kiel Institut für Weltwirtschaft (IfW Kiel), Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle e.V. (IWH) et RWI.

Rapport

Néanmoins, une analyse a été publiée dans le cadre des prévisions du printemps 2022¹³⁰ (cf. encadré 5) cherchant à évaluer les conséquences de la décarbonation sur la production potentielle en examinant deux vecteurs :

- ◆ en 2030, le stock de capital pourrait baisser de 1,5 % à 3 % en raison de la dépréciation accélérée de certains actifs et, par voie de conséquence, la production potentielle diminuerait de 0,5 % à 1,1 % par rapport au tendanciel à politiques inchangées ;
- ◆ si l'Allemagne veut atteindre d'ici 2030 le même niveau de production que celui projeté jusqu'à présent par les cinq instituts au titre de leur diagnostic commun tout en réduisant la consommation d'énergie de manière à réduire les émissions de gaz à effet de serre de -65 % en 2030 par rapport à 1990, une forte augmentation du progrès technique est nécessaire pour réaliser des gains d'efficacité énergétique. Le taux de croissance de l'efficacité énergétique devrait s'élever à 5,6 % en moyenne sur la période 2020-2030, contre 2,7 % sur la période 1973-2019, une hausse du même ordre de grandeur que celle observée depuis le premier choc pétrolier.

Au **Royaume-Uni**, enfin, à l'occasion de son dernier rapport sur les risques budgétaires de juillet 2022¹³¹, l'Office for Budget Responsibility a intégré deux effets de la transition bas-carbone sur les finances publiques dans son compte central de long terme¹³² :

- ◆ la perte de recettes liée à la réduction de la base des taxes assises sur les véhicules et sur les énergies fossiles ;
- ◆ une légère baisse de la croissance de la productivité (de l'ordre de 0,1 point de PIB par an d'ici 2050), qui serait possiblement imputable à la transition bas-carbone.

¹³⁰ Source : Rapport de printemps 2022 « *Gemeinschafts-diagnose 2022* », chapitre relatif aux effets de la décarbonation sur la production potentielle (p. 79) et document de référence sur le progrès technique économe en énergie.

¹³¹ Voir : [Fiscal risks and sustainability – July 2022 - Office for Budget Responsibility \(obr.uk\)](#)

¹³² Les effets directs sur les dépenses publiques n'ont pas été intégrés car le gouvernement britannique a annoncé que les investissements verts seraient compris dans la hausse de l'investissement public déjà programmée. L'Office for Budget Responsibility n'a pas non plus inclus dans le scénario central d'hypothèse de nouvelles recettes directes liées à la taxe carbone, le gouvernement n'ayant pas fait d'annonce relative à la trajectoire de taxe carbone et l'augmentation potentiellement durable des prix de l'énergie faisant peser un risque sur les revenus d'une taxe.

Rapport

À Paris, le 16 août 2022

Les membres de la mission,

L'inspecteur des finances,



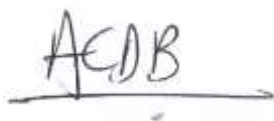
Charles Murciano

L'inspecteur des finances,



Thomas Brand

L'inspectrice des finances,



Aude Costa de Beauregard

Sous la supervision de
l'inspectrice générale des finances,



Selma Mahfouz

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE I : LETTRE DE MISSION**
- ANNEXE II : LISTE DES PERSONNES RENCONTRÉES**
- ANNEXE III : ANALYSE DES RISQUES DE TRANSITION ET DES RISQUES PHYSIQUES DANS LES SCÉNARIOS DU NGFS POUR LA FRANCE**
- ANNEXE IV : SIMULATIONS MACROÉCONOMIQUES DEMANDÉES PAR LA MISSION À TROIS ÉQUIPES DE MODÉLISATEURS (ADEME, CIRED, SEURECO)**
- ANNEXE V : MAQUETTE STYLISÉE D'ÉVALUATION DES EFFETS DES POLITIQUES D'ATTÉNUATION SUR LES FINANCES PUBLIQUES**
- ANNEXE VI : MODÈLES MACROÉCONOMIQUES UTILISÉS EN FRANCE, EN ALLEMAGNE, AU DANEMARK, AU ROYAUME-UNI ET À LA COMMISSION EUROPÉENNE POUR ÉVALUER LES POLITIQUES DE TRANSITION VERS LA NEUTRALITÉ CARBONE**
- ANNEXE VII : GLOSSAIRE DES SIGLES ET ACRONYMES**

ANNEXE I

Lettre de mission



Paris, le 22 AVR. 2022

Nos références : MEFI-D22-05355

A

Madame la Cheffe du service
de l'Inspection générale des finances

Objet : Développer les outils nécessaires au pilotage des politiques macro-économique et budgétaire en lien avec les objectifs climatiques

Les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre que la France s'est fixés dans la loi Energie Climat de 2019 pour atteindre la neutralité carbone en 2050 nécessitent des changements importants pour l'ensemble des acteurs économiques dès les prochaines années. Les évolutions sectorielles, réglementaires et de politiques économiques attendues pourraient représenter un choc macro-économique d'une nature inédite dans les années à venir.

Dans ce contexte, l'évaluation des impacts macro-économiques et budgétaires de la transition climatique, encore peu documentés, constitue une priorité. Elle permet, tout d'abord, d'identifier et de quantifier l'impact des chocs économiques à venir induits par la décarbonation de l'économie. Combinée à l'évaluation environnementale de l'action publique, elles permettent, ensemble, d'assurer la cohérence et l'efficacité de l'ensemble des politiques menées pour atteindre l'objectif de neutralité carbone, et d'améliorer ainsi leur pilotage. Ces évaluations répondent également à une demande croissante de transparence sur les effets environnementaux, économiques et sociaux des politiques publiques climatiques mises en place et de la capacité de l'action publique à nous permettre d'atteindre les objectifs climatiques.

De telles évaluations mériteraient d'être développées, tant sur le plan institutionnel que méthodologique. Le Haut Conseil pour le Climat (HCC) formule régulièrement des avis en ce sens, recommandant notamment de renforcer, au sein des Ministères, l'évaluation qualitative et si possible quantitative des nouvelles mesures¹.

¹ [Avis du HCC portant sur les Plans climat des ministères](#), décembre 2021.



GOVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Les travaux préparatoires dans le cadre du volet « Ecologie » de France Relance ou de la loi Climat et résilience ont récemment montré les limites des outils et des cadres méthodologiques à disposition des administrations afin d'évaluer les effets macroéconomiques associés aux différentes mesures sectorielles et transverses nécessaires à l'atteinte de nos objectifs climatiques. Ce constat est plus largement partagé par les experts, au niveau national comme international.

Au moment où la réflexion s'engage au sein du monde académique et institutionnel pour rénover l'analyse macroéconomique de la transition climatique, il apparaît nécessaire d'identifier les objectifs et les avancées prioritaires, du point de vue de l'action publique, en vue de renforcer les capacités d'analyse et les outils d'évaluation de l'impact des chocs et des mesures mises en place pour atteindre la neutralité carbone. Plus spécifiquement, les outils devront permettre d'évaluer les impacts macro-économiques et budgétaires attendus de la transition climatique.

1/ La mission s'appuiera sur les travaux en cours pour recenser les outils existants d'évaluation des effets macro-économiques et budgétaires de la transition climatique et formulera des préconisations afin d'améliorer le cadre analytique à disposition

Aujourd'hui, les administrations ne disposent pas d'outils permettant d'estimer dans un cadre unifié les effets macroéconomiques et budgétaires spécifiques liés à la transition climatique. D'une part, des outils de simulation ont été développés intégrant le facteur énergie, stylisés ou plus détaillés des points de vue sectoriels, accompagnés de modèles technico-économiques, qui fournissent des trajectoires optimales sous contraintes d'émissions notamment. D'autre part, les administrations et services du ministère de l'économie et des finances disposent historiquement d'outils, notamment des modèles macroéconomiques, pour réaliser des évaluations et prévisions macroéconomiques. En l'état, ces modèles ne prennent pas en compte les effets sectoriels. En outre ils n'intègrent pas de trajectoire d'émissions, ce qui implique notamment de calibrer hors modèle les scénarios de politiques publiques compatibles avec la transition écologique.

En parallèle de la préparation de la SNBC3, la mission s'attachera à dresser un panorama des principaux canaux économiques en jeu dans la transition et des outils existants permettant de mieux cerner les conséquences à la fois macroéconomiques et budgétaires des politiques publiques mises en place pour atteindre nos objectifs climatiques. Vous analyserez pour cela les outils et méthodes qui existent déjà au sein de l'administration et du monde académique, en vous appuyant sur les travaux lancés au niveau national par France Stratégie et au niveau international, notamment par le réseau des banques centrales dans le cadre du G7 Finance. Plus largement, la mission s'interrogera sur l'utilisation de ces outils pour (i) calibrer des scénarios de politiques publiques cohérents avec des objectifs de réduction des émissions et (ii) évaluer les effets macroéconomiques et budgétaires de la transition, selon les leviers mobilisés pour sa mise en œuvre.

A partir de ce panorama, vous proposerez des recommandations sur les outils qui pourraient être développés puis opérationnalisés ou utilisés à court puis moyen terme en vue de renforcer le pilotage macroéconomique. Ces outils devront fournir des éléments d'appréciation sur i) les impacts de la transition sur le produit intérieur brut (PIB) et sa composition (investissement/consommation) pour atteindre la réduction des émissions visée, selon les leviers mobilisés, ii) les implications en termes d'emploi et iii) leurs implications pour les finances publiques.



2/ La mission devra également décliner les voies par lesquelles ces outils d'évaluation pourraient être développés et mis en œuvre.

Plusieurs options peuvent être envisagées : le travail inter-administration, la délégation à une entité publique spécifique ou encore une autorité indépendante nouvelle ou existante. La mission pourra notamment fournir des recommandations de cadrage sur l'orientation technique des travaux en cours de lancement sur le sujet à France Stratégie. Par ailleurs, la mission pourra évaluer les besoins humains supplémentaires qui sont nécessaires au fonctionnement de ces nouveaux outils d'évaluation des réductions d'émissions et de l'effet économique et budgétaire des mesures associées. La mission pourra s'inspirer des pratiques similaires existant à l'étranger. Dans ce cadre, elle portera une attention particulière à l'agilité, la fiabilité et la transparence induites par le mode d'organisation privilégié. Les options proposées en matière budgétaire devront être articulées avec la procédure budgétaire.

La mission pourra s'appuyer sur les services de la direction générale du Trésor, de la direction du budget et de l'institut national de la statistique et des études économiques. Elle pourra également s'appuyer sur les services de France Stratégie et consulter plus largement des personnalités qualifiées (notamment des économistes), des instituts experts en évaluation de politiques publiques ou des institutions européennes et internationales.

Vous pourrez enfin vous inspirer des pratiques mises en place et les modélisations développées à l'étranger, par exemple au Royaume-Uni ou au Danemark.

Les conclusions de la mission sont attendues fin juillet 2022.

Bruno LE MAIRE
Ministre de l'Économie, des
Finances et de la Relance

Olivier DUSSOFT
Ministre délégué chargé
des Comptes Publics

ANNEXE II

Liste des personnes rencontrées

SOMMAIRE

1. CABINETS MINISTÉRIELS	1
1.1. Avant le remaniement gouvernemental du 20 mai 2022.....	1
1.1.1. Cabinet du Président de la République.....	1
1.1.2. Cabinet de la ministre de la Transition écologique.....	1
1.1.3. Cabinet du ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance.....	1
1.2. Après le remaniement gouvernemental du 20 mai 2022.....	1
1.2.1. Cabinet de la Première Ministre.....	1
1.2.2. Cabinet du ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique.....	1
1.2.3. Cabinet du ministre de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires.....	1
1.2.4. Cabinet de la ministre de la Transition énergétique.....	1
1.2.5. Cabinet du ministre délégué auprès du ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, chargé des Comptes publics.....	2
2. ADMINISTRATIONS PUBLIQUES ET OPÉRATEURS DE L'ÉTAT	2
2.1. Services de la Première ministre.....	2
2.1.1. France Stratégie.....	2
2.1.2. Secrétariat général pour l'investissement.....	2
2.1.3. Secrétariat général à la planification écologique.....	2
2.2. Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique.....	2
2.2.1. Direction générale des entreprises.....	2
2.2.2. Direction générale du Trésor.....	3
2.2.3. Direction du budget.....	3
2.2.4. Direction de la législation fiscale.....	3
2.3. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires et ministère de la Transition énergétique.....	4
2.3.1. Commissariat général au développement durable.....	4
2.3.2. Direction générale de l'énergie et du climat.....	4
2.4. Agence de la transition écologique (ADEME).....	4
3. INSTITUTIONS PUBLIQUES.....	4
3.1. Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE).....	4
3.2. Banque de France.....	4
3.3. Haut conseil des finances publiques.....	5
3.4. Haut conseil pour le climat.....	5
4. ORGANISATIONS INTERNATIONALES.....	5
4.1. Banque mondiale.....	5
4.2. Fonds monétaire international (FMI).....	5
4.3. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).....	6

5. INSTITUTS, CENTRES DE RECHERCHE ET AUTRES ORGANISMES DE RECHERCHE EN ÉCONOMIE	6
5.1. Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED)	6
5.2. Institut de l'économie pour le climat (I4CE).....	6
5.3. Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE).....	6
5.4. SEURECO.....	7
6. SOCIÉTÉ CIVILE	7
6.1. Partenaires sociaux	7
6.1.1. Confédération française démocratique du travail (CFDT)	7
6.1.2. Mouvement des entreprises de France (MEDEF).....	7
6.2. Terra Nova	7
6.3. The Shift Project	7
7. PERSONNES RENCONTRÉES AU TITRE DU PARANGONNAGE EUROPÉEN	8
7.1. Allemagne.....	8
7.1.1. Service économique régional de la direction générale du Trésor.....	8
7.1.2. Ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du climat.....	8
7.1.3. Ministère fédéral des Finances.....	8
7.1.4. Instituts économiques.....	8
7.1.5. Autres.....	8
7.2. Danemark.....	9
7.2.1. Service économique régional de la direction générale du Trésor.....	9
7.2.2. Ministère des Finances	9
7.2.3. Ministère des Taxes.....	9
7.2.4. Ministère du Climat, de l'Énergie et de l'Approvisionnement.....	9
7.2.5. Institut danois de la statistique.....	9
7.2.6. The Danish Research Institute for Economic Analysis and Modelling (DREAM).....	9
7.2.7. Confédération des industries danoises (Dansk industry).....	9
7.2.8. Conseil économique de l'environnement	9
7.3. Royaume-Uni	10
7.3.1. Service économique régional de la direction générale du Trésor.....	10
7.3.2. Ministère de l'Économie et des finances (Her Majesty's Treasury)	10
7.3.3. Climate Change Committee.....	10
7.3.4. Office for Budget Responsibility.....	10
7.3.5. Autres institutions.....	10
7.4. Commission européenne	10
7.4.1. Cabinet du premier vice-président exécutif de la Commission européenne, commissaire européen à l'Action pour le climat.....	10
7.4.2. Cabinet du commissaire européen chargé de l'Économie	10
7.4.3. Cabinet du commissaire européen chargé de l'Emploi et des Droits sociaux	11
7.4.4. Direction générale de l'action pour le climat.....	11
7.4.5. Direction générale des affaires économiques et financières	11

1. Cabinets ministériels

1.1. Avant le remaniement gouvernemental du 20 mai 2022

1.1.1. Cabinet du Président de la République

- ◆ M. Paul Delduc, conseiller énergie, environnement, transports et agriculture ;
- ◆ M. Charles-Henri Weymuller, conseiller macro-économie et politiques commerciales ;
- ◆ M. Benoît Faraco, conseiller technique écologie.

1.1.2. Cabinet de la ministre de la Transition écologique

- ◆ M. Benjamin Carantino, conseiller décarbonation de l'économie et adaptation.

1.1.3. Cabinet du ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance

- ◆ M^{me} Charlotte Gounot, conseillère relance, transition écologique et suivi de l'exécution des réformes ;
- ◆ M^{me} Dorothée Rouzet, conseillère macroéconomie.

1.2. Après le remaniement gouvernemental du 20 mai 2022

1.2.1. Cabinet de la Première Ministre

- ◆ M. Thibault Guyon, conseiller économie, finances, industrie et numérique (chef de pôle) ;
- ◆ M. Antoine Pellion, conseiller écologie, agriculture, énergie, logement et transports (chef de pôle) ;
- ◆ M^{me} Alexandra Roulet, conseillère technique macroéconomie et politiques publiques.

1.2.2. Cabinet du ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique

- ◆ M^{me} Claire Durrieu, conseillère transition écologique et suivi de l'exécution des réformes.

1.2.3. Cabinet du ministre de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires

- ◆ M. Adrien Zakhartchouk, conseiller transition bas-carbone, efficacité énergétique, adaptation au changement climatique, air.

1.2.4. Cabinet de la ministre de la Transition énergétique

- ◆ M. Pierre Jérémie, directeur adjoint de cabinet ;
- ◆ M^{me} Roxane Mestrius, conseillère budgétaire et fiscale.

1.2.5. Cabinet du ministre délégué auprès du ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, chargé des Comptes publics

- ◆ M^{me} Fanny Anor, directrice adjointe de cabinet ;
- ◆ M. Richard Bordignon, conseiller budgétaire.

2. Administrations publiques et opérateurs de l'État

2.1. Services de la Première ministre

2.1.1. France Stratégie

- ◆ M. Cédric Audenis, commissaire général adjoint ;
- ◆ M^{me} Anne Épaulard, coordinatrice du groupe de travail « modèles » ;
- ◆ M. Maxime Gérardin, coordinateur du groupe de travail « exogènes » ;
- ◆ M. Boris Le Hir, coordinateur des groupes de travail sur l'impact macroéconomique de la transition ;
- ◆ M^{me} Aude Pommeret, coordinatrice du groupe de travail « analytique ».

2.1.2. Secrétariat général pour l'investissement

- ◆ M. Marc-Antoine Lacroix, directeur de l'évaluation ;
- ◆ M. Pascal Gautier, chef de la mission d'évaluation socioéconomique des investissements.

2.1.3. Secrétariat général à la planification écologique

- ◆ M. Antoine Pellion, secrétaire général à la planification écologique.

2.2. Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique

2.2.1. Direction générale des entreprises

- ◆ M. Thomas Courbe, directeur général ;
- ◆ M. Thomas Gouzènes, sous-directeur de la politique industrielle ;
- ◆ M^{me} Laurence Mégard, sous-directrice des industries de santé, des biens de consommation et de l'agroalimentaire ;
- ◆ M. Benjamin Nefussi, sous-directeur de la prospective, des études et de l'évaluation économiques ;
- ◆ M. Thomas Jeannin, directeur de projet résilience et décarbonation de l'industrie, fabriqué en France.

2.2.2. Direction générale du Trésor

- ◆ M^{me} Agnès Bénassy-Quéré, chef économiste ;
- ◆ M. Antoine Deruennes, chef du service des politiques publiques ;
- ◆ M. Emmanuel Bétry, sous-directeur chargé du diagnostic et des prévisions France ;
- ◆ M^{me} Nathalie Georges, sous-directrice chargée des politiques macroéconomiques ;
- ◆ M. Stéphane Sorbe, sous-directeur chargé des politiques sectorielles ;
- ◆ M. Clément Bortoli, adjoint au sous-directeur des finances publiques ;
- ◆ M^{me} Laura Berthet, cheffe du bureau climat, environnement et agriculture ;
- ◆ M. Benoît Campagne, chef du bureau de la politique économique France ;
- ◆ M. Philippe Wen, conseiller politique économique auprès du directeur général et de la chef économiste ;
- ◆ M. Pierre-Louis Girard, adjoint au chef du bureau de la politique économique France ;
- ◆ M. Logan Gourmand, adjoint à la cheffe de bureau environnement, climat, agriculture.

2.2.3. Direction du budget

- ◆ M^{me} Mélanie Joder, directrice du budget ;
- ◆ M. Laurent Pichard, sous-directeur chargé des transports, de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, de la transition énergétique, de l'égalité des territoires, du logement et de la ville ;
- ◆ M^{me} Elise Calais, adjointe au sous-directeur chargé des transports, de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, de la transition énergétique, de l'égalité des territoires, du logement et de la ville ;
- ◆ M^{me} Léa Boudet, cheffe du bureau du développement durable ;
- ◆ M^{me} Claire Durrieu, cheffe du bureau de la politique budgétaire ;
- ◆ M. Thomas Espeillac, chef du bureau de la politique budgétaire ;
- ◆ M^{me} Ingrid Barrat, adjointe au chef du bureau du logement, de la ville et des territoires ;
- ◆ M^{me} Sania Matulic, adjointe au chef du bureau de la politique budgétaire.

2.2.4. Direction de la législation fiscale

- ◆ M. Matthieu Deconinck, sous-directeur D, fiscalité des transactions, fiscalité énergétique et environnementale, fiscalité sectorielle.

2.3. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires et ministère de la Transition énergétique

2.3.1. Commissariat général au développement durable

- ◆ M. Thomas Lesueur, commissaire général ;
- ◆ M^{me} Diane Simiu, directrice, adjointe au commissaire général ;
- ◆ M. Salvatore Serravalle, chef de service de l'économie verte et solidaire ;
- ◆ M. Vincent Marcus, sous-directeur de l'économie et de l'évaluation ;
- ◆ M. Alexandre Godzinski, chef du bureau de la transition énergétique et solidaire ;
- ◆ M. Antoine Comte-Bellot, directeur de projet.

2.3.2. Direction générale de l'énergie et du climat

- ◆ M. Mickaël Thiery, chef du département de la lutte contre l'effet de serre ;
- ◆ M. Joseph Hajjar, chef du bureau des émissions, des projections et des modélisations ;
- ◆ M^{me} Isabelle Cabanne, adjointe au chef du bureau des émissions, des projections et des modélisations.

2.4. Agence de la transition écologique (ADEME)

- ◆ M. Fabrice Perrissin-Fabert, directeur exécutif de l'expertise et des programmes ;
- ◆ M. Patrick Jolivet, directeur chargé des études socioéconomiques ;
- ◆ M. Gaël Callonnec, économiste ;
- ◆ M. Hervé Gouedard, économiste.

3. Institutions publiques

3.1. Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE)

- ◆ M. Nicolas Carnot, directeur des études et synthèses économiques ;
- ◆ M. Sébastien Roux, chef du département des études économiques ;
- ◆ M. Matthieu Lequien, département des études économiques.

3.2. Banque de France

- ◆ M. Olivier Garnier, directeur général, chargé des statistiques, des études économiques et de l'international, chef économiste ;
- ◆ M. Guy Lévy-Rueff, directeur de la conjoncture et des prévisions macroéconomiques ;
- ◆ M. Pierre-François Weber, directeur des politiques européennes et multilatérales ;
- ◆ M. Jean Boissinot, adjoint au directeur de la stabilité financière ;
- ◆ M. Rémy Lecat, adjoint au directeur des politiques européennes et multilatérales ;
- ◆ M. Jean-François Ouvrard, adjoint au directeur de la conjoncture et des prévisions macroéconomiques ;

Annexe II

- ◆ M. Stéphane Dees, directeur de l'unité économie du climat, direction générale des statistiques, des études et de l'international ;
- ◆ M. Thomas Allen, économiste, direction de la stabilité financière ;
- ◆ M^{me} Annabelle de Gaye, économiste, direction de l'économie et de la coopération internationale.

3.3. Haut conseil des finances publiques

- ◆ M. Éric Dubois, rapporteur général ;
- ◆ M. Olivier Redoules, rapporteur général adjoint.

3.4. Haut conseil pour le climat

- ◆ M^{me} Corinne Le Quéré, présidente ;
- ◆ M. Said Rahmani, directeur exécutif.

4. Organisations internationales

4.1. Banque mondiale

- ◆ M^{me} Chiara Bronchi, responsable de l'unité politique fiscale et croissance durable monde ;
- ◆ M. Dirk Heine, économiste sénior ;
- ◆ M. Stéphane Hallegate, conseiller sénior sur le changement climatique.

4.2. Fonds monétaire international (FMI)

- ◆ M. Arnaud Buisé, administrateur pour la France au Fonds monétaire international et à la Banque mondiale ;
- ◆ M. James Roaf, directeur adjoint du département des finances publiques et coordinateur des politiques climatiques ;
- ◆ M^{me} Manal Fouad, cheffe de la division de la gestion des finances publiques II ;
- ◆ M. James Alexander Daniel, chef de la division des opérations budgétaires II ;
- ◆ M^{me} Yuko Kinoshita, cheffe de division adjoint ;
- ◆ M. Johannes Wiegand, chef de l'unité des questions de développement au sein du département de la stratégie, des politiques et de l'évaluation ;
- ◆ M^{me} Emilia Magdalena Jurzyk, cheffe adjointe de l'unité des questions de développement ;
- ◆ M. Claude Wendling, conseiller chargé de l'assistance technique dans le domaine budgétaire ;
- ◆ M. Ian Parry, expert en politique fiscale et environnementale.

4.3. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)

- ◆ M. Alain de Serres, directeur adjoint, direction des études sur les politiques publiques, département des affaires économiques ;
- ◆ M. Kurt Van Dender, chef de l'unité fiscalité et environnement, centre de politique et d'administration fiscales ;
- ◆ M. Tomasz Koźluk, économiste sénior, conseiller du chef économiste, département des affaires économiques ;
- ◆ M. Antoine Dechezleprêtre, économiste sénior, direction de la science, de la technologie et de l'innovation ;
- ◆ M. Rob Dellink, économiste sénior, direction de l'environnement ;
- ◆ M^{me} Elisa Lanzi, économiste sénior, direction de l'environnement ;
- ◆ M. Maruo Pisu, économiste sénior, département des affaires économiques ;
- ◆ M. Jean Fouré, économiste de l'environnement, direction de l'environnement ;
- ◆ M. Tobias Kruse, économiste, département des affaires économiques ;
- ◆ M. Filippo Maria d'Arcangelo, économiste, département des affaires économiques.

5. Instituts, centres de recherche et autres organismes de recherche en économie

5.1. Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED)

- ◆ M. Franck Lecocq, économiste, directeur du CIRED ;
- ◆ M^{me} Céline Guivarch, directeur de recherche ;
- ◆ M. Frédéric Gherzi, chargé de recherche ;
- ◆ M. Julien Lefèvre, chercheur.

5.2. Institut de l'économie pour le climat (I4CE)

- ◆ M. Benoît Leguet, directeur général ;
- ◆ M^{me} Louise Kessler, directrice du programme économie ;
- ◆ M^{me} Morgane Nicol, directrice du programme territoires ;
- ◆ M^{me} Chloé Boutron, chargée de recherche économie.

5.3. Observatoire français conjonctures économiques (OFCE)

- ◆ M. Xavier Ragot, président ;
- ◆ M. Xavier Timbeau, directeur principal ;
- ◆ M. Frédéric Reynès, chercheur associé, département analyse et prévision ;
- ◆ M^{me} Meriem Hamdi-Cherif, chercheuse, département analyse et prévision, pôle environnement ;
- ◆ M. Paul Malliet, économiste, département analyse et prévision, pôle environnement ;
- ◆ M^{me} Anissa Saumtally, économiste, département analyse et prévision, pôle environnement.

5.4. SEURECO

- ◆ M. Paul Zagamé, directeur scientifique de l'équipe Érasme ;
- ◆ M. Baptiste Boitier, économiste ;
- ◆ M. Pierre Le Mouël, économiste.

6. Société civile

6.1. Partenaires sociaux

6.1.1. Confédération française démocratique du travail (CFDT)

- ◆ M^{me} Marylise Léon, secrétaire générale adjointe ;
- ◆ M. Philippe Portier, secrétaire national ;
- ◆ M. Paul Busi, secrétaire confédéral ;
- ◆ M^{me} Anne-Juliette Lecourt, économiste.

6.1.2. Mouvement des entreprises de France (MEDEF)

- ◆ M. Christophe Beaux, directeur général ;
- ◆ M^{me} Elisabeth Tome-Gertheinrichs, directrice générale adjointe en charge des politiques sociales ;
- ◆ M^{me} Céline Micouin, conseillère auprès du président ;
- ◆ M^{me} Laurence Rouger de Grivel, directrice développement durable.

6.2. Terra Nova

- ◆ M. Thierry Pech, directeur général.

6.3. The Shift Project

- ◆ M. Michel Lepetit, vice-président du bureau ;
- ◆ M. Jacques Portalier, chef de projet industrie automobile.

7. Personnes rencontrées au titre du parangonnage européen

7.1. Allemagne

7.1.1. Service économique régional de la direction générale du Trésor

- ◆ M^{me} Claire Thirriot-Kwant, cheffe de service économique régional ;
- ◆ M. François Gautier, conseiller économique ;
- ◆ M^{me} Laurence Rambert, responsable d'études.

7.1.2. Ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du climat

- ◆ Dr. Stefan Profit, directeur adjoint, direction chargée du développement, des analyses et des projections macroéconomiques ;
- ◆ Dr. Sebastian Pieper, économiste ;
- ◆ Dr. Alfred Garloff, économiste.

7.1.3. Ministère fédéral des Finances

- ◆ Dr. Christoph Priesmeier, unité générale de la politique financière ;
- ◆ M. Philipp Dybowski, conseiller sur les politiques au sein de la division soutenabilité, démographie et retraites ;
- ◆ M. Jakob Schlockermann, conseiller au sein de la division chargée de la coordination des politiques budgétaires de la zone euro et de l'Union européenne, de la procédure de déficit et des analyses des pays de la zone euro ;
- ◆ M^{me} Annika Sauli, chargée de mission, bureau du budget des administrations publiques et de la qualité des finances publiques.

7.1.4. Instituts économiques

7.1.4.1. *Potsdam Institute for Climate Impact Research*

- ◆ Pr. Ottmar Edenhofer, directeur, chef économiste ;
- ◆ Dr. Brigitte Knopf, économiste ;
- ◆ Pr. Matthias Kalkuhl, économiste.

7.1.4.2. *Autres instituts économiques*

- ◆ Pr. Karsten Neuhoff, DIW Berlin ;
- ◆ Dr. Torsten Schmidt, RWI Essen.

7.1.5. Autres

- ◆ M. Jan Philipp Rohde, analyste environnement, climat et soutenabilité, Confédération allemande des syndicats (DGB).

7.2. Danemark

7.2.1. Service économique régional de la direction générale du Trésor

- ◆ M. Frédéric Rimoux, premier conseiller de l'ambassade de France ;
- ◆ M^{me} Claire Camdessus, cheffe de service économique ;
- ◆ M^{me} Leila Yacine, adjointe à la cheffe de service économique.

7.2.2. Ministère des Finances

- ◆ M. Asbjørn Brink, chef de la division climat, environnement et Europe ;
- ◆ M. Mads Dalum Libergren, conseiller principal ;
- ◆ M. Anders Gross, conseiller spécial ;
- ◆ M. Jesper Svejgaard, conseiller spécial.

7.2.3. Ministère des Taxes

- ◆ M. Matthias Kisling Harris, chef de section.

7.2.4. Ministère du Climat, de l'Énergie et de l'Approvisionnement

- ◆ M. Søren Elm Larsen, conseiller spécial.

7.2.5. Institut danois de la statistique

- ◆ M^{me} Ingeborg Vind, conseillère principale.

7.2.6. The Danish Research Institute for Economic Analysis and Modelling (DREAM)

- ◆ M. Louis Birk Stewart, analyste.

7.2.7. Confédération des industries danoises (*Dansk industry*)

- ◆ M. Lars Bach Jensen, chef du département politique internationale de l'énergie et du climat ;
- ◆ M. Jens Dandanell Petersen, responsable de la politique climatique nationale.

7.2.8. Conseil économique de l'environnement

- ◆ M. John Smidt, directeur du secrétariat des conseils économiques.

7.3. Royaume-Uni

7.3.1. Service économique régional de la direction générale du Trésor

- ◆ M. Emmanuel Massé, chef de service économique régional ;
- ◆ M. Thomas Ernoult, adjoint, conseiller financier ;
- ◆ M. Gautier Houel, adjoint, conseiller économique, chef de pôle développement durable.

7.3.2. Ministère de l'Économie et des finances (Her Majesty's Treasury)

- ◆ M. James Benford, directeur économie ;
- ◆ M. Steve Field, directeur climat, environnement et énergie ;
- ◆ M. Joe Taylor, directeur adjoint, politique climatique ;
- ◆ M. Nicholas Broadway, conseiller économique, équipe risques économiques.

7.3.3. Climate Change Committee

- ◆ M. Mike Thompson, chef économiste.

7.3.4. Office for Budget Responsibility

- ◆ M. Richard Hughes, président ;
- ◆ M. Thomas Wickstead, chef de l'analyse économique et de la modélisation ;
- ◆ M. Stephen Farrington, chef de cabinet ;
- ◆ M^{me} Laura Gardiner, cheffe de cabinet adjointe.

7.3.5. Autres institutions

- ◆ M. Paul Johnson, directeur, Institute for Fiscal Studies.

7.4. Commission européenne

7.4.1. Cabinet du premier vice-président exécutif de la Commission européenne, commissaire européen à l'Action pour le climat

- ◆ M. Antoine Colombani, membre du cabinet ;
- ◆ M. Riccardo Maggi, membre du cabinet.

7.4.2. Cabinet du commissaire européen chargé de l'Économie

- ◆ M^{me} Aliénor Margerit, membre du cabinet ;
- ◆ M^{me} Roberta Torre, membre du cabinet.

7.4.3. Cabinet du commissaire européen chargé de l'Emploi et des Droits sociaux

- ◆ M. Fabien Dell, membre du cabinet.

7.4.4. Direction générale de l'action pour le climat

- ◆ M. Quentin Dupriez, analyste, bureau prospective, analyse économique et modélisation (CLIMA A.2) ;
- ◆ M. Alban Kitous, chargé de mission, bureau prospective, analyse économique et modélisation (CLIMA A.2).

7.4.5. Direction générale des affaires économiques et financières

- ◆ M. Bjorn Dohring, chef de l'unité modèles et bases de données ;
- ◆ Dr. Christian Weise, chef de l'unité institutions et cadres fiscaux nationaux ;
- ◆ M. Philippe Moore, chef adjoint de l'unité soutenabilité des finances publiques ;
- ◆ M. Jan In't veld, chef du secteur analyse économique basée sur les modèles ;
- ◆ M. Janos Varga, économiste.

ANNEXE III

Analyse des risques de transition et des risques physiques dans les scénarios du NGFS pour la France

SOMMAIRE

1. **DES MODÈLES D'ÉVALUATION INTÉGRÉS (IAM) SONT UTILISÉS POUR ÉVALUER LES EFFETS DES POLITIQUES CLIMATIQUES EN LES COUPLANT À UN MODÈLE MACROÉCONOMIQUE STANDARD (NIGEM).....1**
2. **L'ANALYSE DES SIMULATIONS RÉVÈLE DES RISQUES DE TRANSITION AUSSI IMPORTANTS QUE LES RISQUES PHYSIQUES À MOYEN TERME DANS UN SCÉNARIO DE TRANSITION DÉSORDONNÉE ET RETARDÉE.....2**
 - 2.1. La mission s'est intéressée à trois scénarios de transition bas-carbone évalués par le Network for Greening the Financial System (NGFS)2
 - 2.2. Les simulations suggèrent qu'en cas de transition bas-carbone désordonnée et retardée, les effets macroéconomiques en France seraient négatifs et d'ampleur équivalente (baisse du PIB de -1,3 %) pour les risques physiques et de transition en 2050.....2

Afin d'améliorer le pilotage des risques environnementaux et climatiques dans le secteur financier, un réseau de banques centrales et de régulateurs financiers, le Network for Greening the Financial System (NGFS), a été créé en 2017 à l'occasion du « *One Planet Summit* », dont la Banque de France assure le secrétariat¹.

Parmi les différentes productions du réseau, la mission s'est intéressée aux scénarios élaborés par le NGFS évaluant les implications économiques des risques de transition climatique et des risques physiques liés au réchauffement climatique². Parmi les six scénarios disponibles, trois sont sélectionnés, qui représentent des cas limites. Il s'agit ainsi d'analyser les résultats des simulations pour la France dans un nombre restreint de scénarios à partir de modèles d'évaluation intégrés (IAM) couplés à un modèle macroéconomique (NiGEM)³.

1. Des modèles d'évaluation intégrés (IAM) sont utilisés pour évaluer les effets des politiques climatiques en les couplant à un modèle macroéconomique standard (NiGEM)

Sur le plan méthodologique, des modèles IAM sont utilisés pour évaluer les politiques climatiques. Ils comprennent habituellement trois modules :

- ◆ un module économique qui décrit les relations économiques de court et long terme, y compris comment les activités économiques émettent du CO₂, les coûts d'abattement des émissions et comment les mesures politiques et les développements technologiques peuvent les limiter ;
- ◆ un module centré sur le carbone, qui décrit comment le CO₂ engendré par l'activité économique se concentre et se distribue dans l'atmosphère, la mer et les végétaux ;
- ◆ des fonctions de dommage, qui convertissent la hausse des températures en impacts économiques⁴.

Trois modèles IAM (GCAM, MESSAGE et REMIND), développés par trois centres de recherche différents⁵, ont été utilisés pour les simulations du NGFS. Les modèles IAM reprennent les hypothèses économiques établies dans les « trajectoires socio-économiques partagées » du GIEC⁶.

¹ À la date du 14 juin 2022, le réseau comprend 116 membres et 19 observateurs.

² Voir Batten, « *Climate Change and the Macroeconomy : a Critical Review* », Bank of England staff working paper, 2018.

³ L'ensemble des résultats est disponible en ligne : <https://data.ene.iiasa.ac.at/ngfs/#/workspaces>. Les données et les documents techniques utilisés sont issus du second ensemble de scénarios élaborés par le NGFS, publiés en juin 2021. Voir : <https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/data-resources/>.

⁴ Les effets de l'augmentation des risques physiques ne sont pas pris en compte directement par les IAM lors de l'évaluation des politiques de transition, comme le précise la documentation technique « *NGFS Climate Scenario Database* » de juin 2021. C'est la raison pour laquelle les dommages physiques sont calculés dans un module séparé à partir des résultats de Kalkuhl et Wenz (2020).

⁵ Les trois centres de recherche sont University of Maryland (UMD) pour GCAM, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) pour MESSAGE et Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) pour REMIND.

⁶ En anglais, les « *shared socio-economic pathways* » sont des scénarios d'évolutions socio-économiques mondiales projetées jusqu'en 2100. Ils servent de base de référence pour la rédaction des rapports du GIEC afin d'élaborer des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre associés à différentes politiques climatiques.

Le prix du carbone est une variable endogène dans les modèles. Une méthodologie de *downscaling* pour obtenir des résultats par pays a ensuite été mise en place sur la base de l'extrapolation des tendances historiques à court terme et des résultats des IAM à moyen terme. NiGEM, qui modélise un grand nombre de pays reliés par des échanges de biens et services et des marchés financiers, prend ensuite comme hypothèses les changements dans les consommations d'énergie, les gains d'efficacité énergétique et le prix du carbone issus des simulations des IAM.

2. L'analyse des simulations révèle des risques de transition aussi importants que les risques physiques à moyen terme dans un scénario de transition désordonnée et retardée

2.1. La mission s'est intéressée à trois scénarios de transition bas-carbone évalués par le Network for Greening the Financial System (NGFS)

Les scénarios ont été développés par le NGFS pour fournir un point de départ commun à l'analyse des risques économiques et financiers liés au changement climatique. Les six scénarios se distinguent en trois grandes catégories :

- ◆ les scénarios ordonnés, qui font l'hypothèse que les politiques climatiques sont introduites rapidement et deviennent plus contraignantes de manière graduelle. Les risques physiques et de transition sont relativement peu prononcés ;
- ◆ les scénarios désordonnés, avec des risques de transition plus élevés dus aux politiques retardées ou divergentes entre les pays et les secteurs. Par exemple, le prix du carbone devrait croître rapidement après une période de stagnation ;
- ◆ les scénarios d'un monde plus chaud, où les politiques climatiques ont été mises en œuvre seulement dans certains pays, mais les efforts à l'échelle mondiale sont insuffisants pour diminuer le réchauffement climatique. Les risques physiques et de transition sont dans ce cas élevés.

La mission choisit dans chaque catégorie précédemment définie un scénario plus précis :

- ◆ dans le scénario à zéro émission nette en 2050, les politiques climatiques sont initiées dès 2020 et permettent de limiter progressivement les émissions de gaz à effet de serre. Le réchauffement est ainsi limité à 1,5°C d'ici 2100 ;
- ◆ dans le scénario de transition désordonnée et retardée, les émissions de CO₂ diminuent à partir de 2030 seulement. Des mesures fortes sont ensuite nécessaires pour limiter le réchauffement à 2°C d'ici 2100 ;
- ◆ dans le scénario à politiques inchangées, les mesures existantes sont maintenues mais aucune mesure supplémentaire n'est mise en œuvre pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. Le réchauffement climatique serait alors supérieur à 3°C d'ici 2100.

2.2. Les simulations suggèrent qu'en cas de transition bas-carbone désordonnée et retardée, les effets macroéconomiques en France seraient négatifs et d'ampleur équivalente (baisse du PIB de -1,3 %) pour les risques physiques et de transition en 2050

D'après les simulations, un scénario orienté vers zéro émission nette en 2050 permet l'obtention d'un double dividende à moyen (2030) et long terme (2050) dans le cas d'une transition ordonnée, graduelle, avec un recyclage de la taxe carbone par des investissements publics et par une réduction de la dette publique (cf. graphique 1).

Annexe III

En revanche, dans le cas d'une transition désordonnée et retardée, les politiques bas-carbone emportent des effets potentiellement négatifs sur le PIB qui sont d'ampleur équivalente à ceux des risques physiques à horizon 2050 (baisse de -1,3 %). Ces résultats sont robustes au choix du modèle IAM (cf. graphique 1).

Les différences entre le scénario de transition ordonnée et celui de transition désordonnée et retardée relèvent de plusieurs hypothèses⁷, dont les effets sont visibles à la lecture du graphique 2 et du graphique 3.

La première différence entre les deux scénarios est le retard des politiques climatiques, mises en place en 2030 pour le scénario désordonné et retardé. Dans la mesure où les objectifs de décarbonation restent les mêmes, la transition cesse d'être graduelle et des risques affectent l'économie (par hypothèse, des chocs de confiance négatifs apparaissent du côté des entreprises).

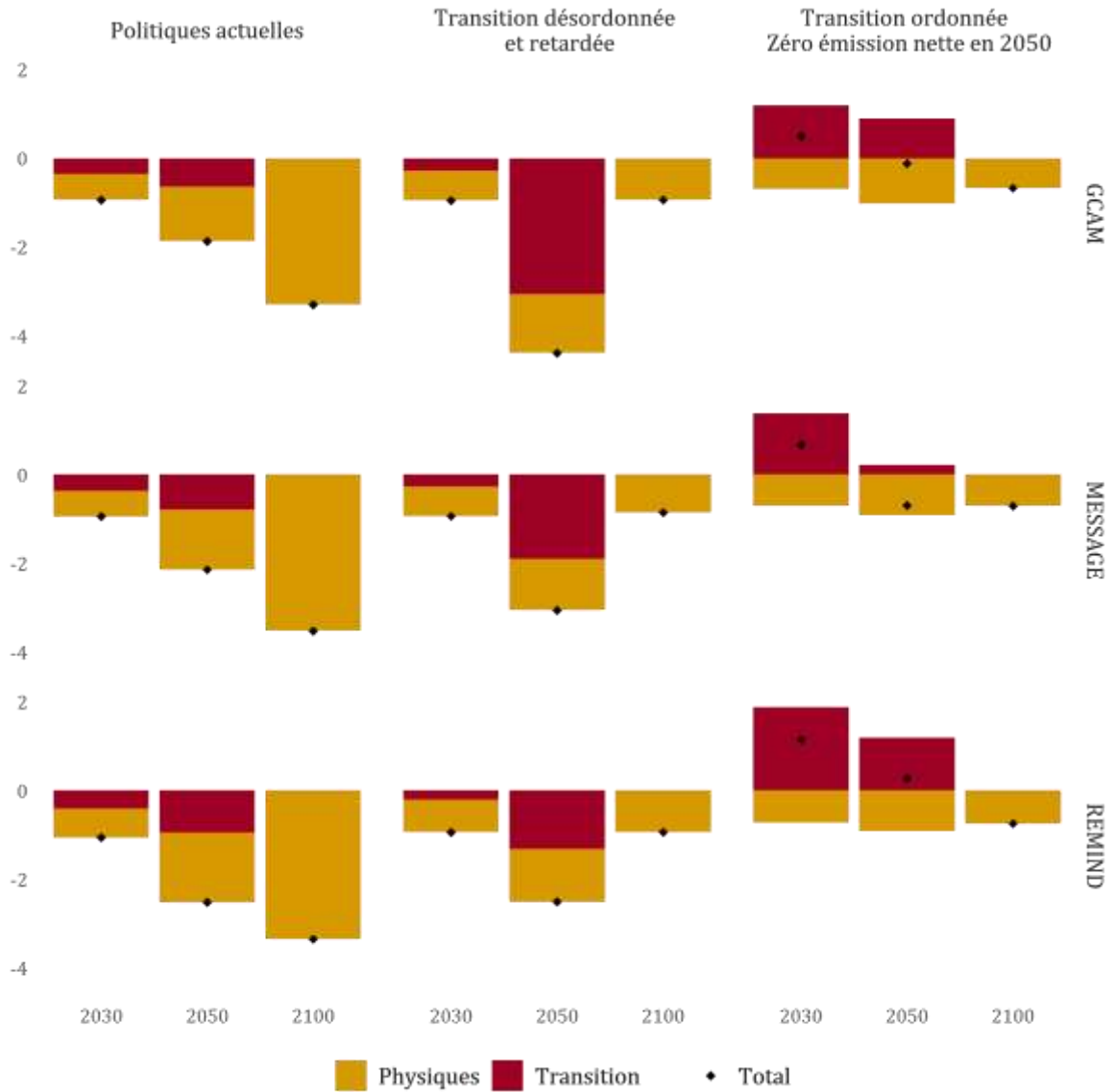
La seconde différence est que la taxe carbone est par hypothèse partiellement recyclée dans le scénario ordonné *via* une augmentation de l'investissement public⁸ dont l'effet multiplicateur sur le PIB est important, supérieur à l'unité. Dans le scénario désordonné et retardé, les recettes de taxe carbone sont recyclées *via* une diminution de l'impôt sur le revenu des ménages, ce qui entraîne une hausse relative de la consommation privée mais l'effet multiplicateur reste plus faible que le précédent, souvent proche de 0,5.

⁷ Cf. tableau 5 du « *NGFS Climate Scenario Database* », Technical documentation v2.2, juin 2021.

⁸ 50 % des recettes de la taxe carbone sont utilisées pour financer l'investissement public et 50 % pour réduire la dette publique.

Annexe III

Graphique 1 : Effets sur le PIB en France des risques de transition et des risques physiques liés au changement climatique (en % de la tendance passée)

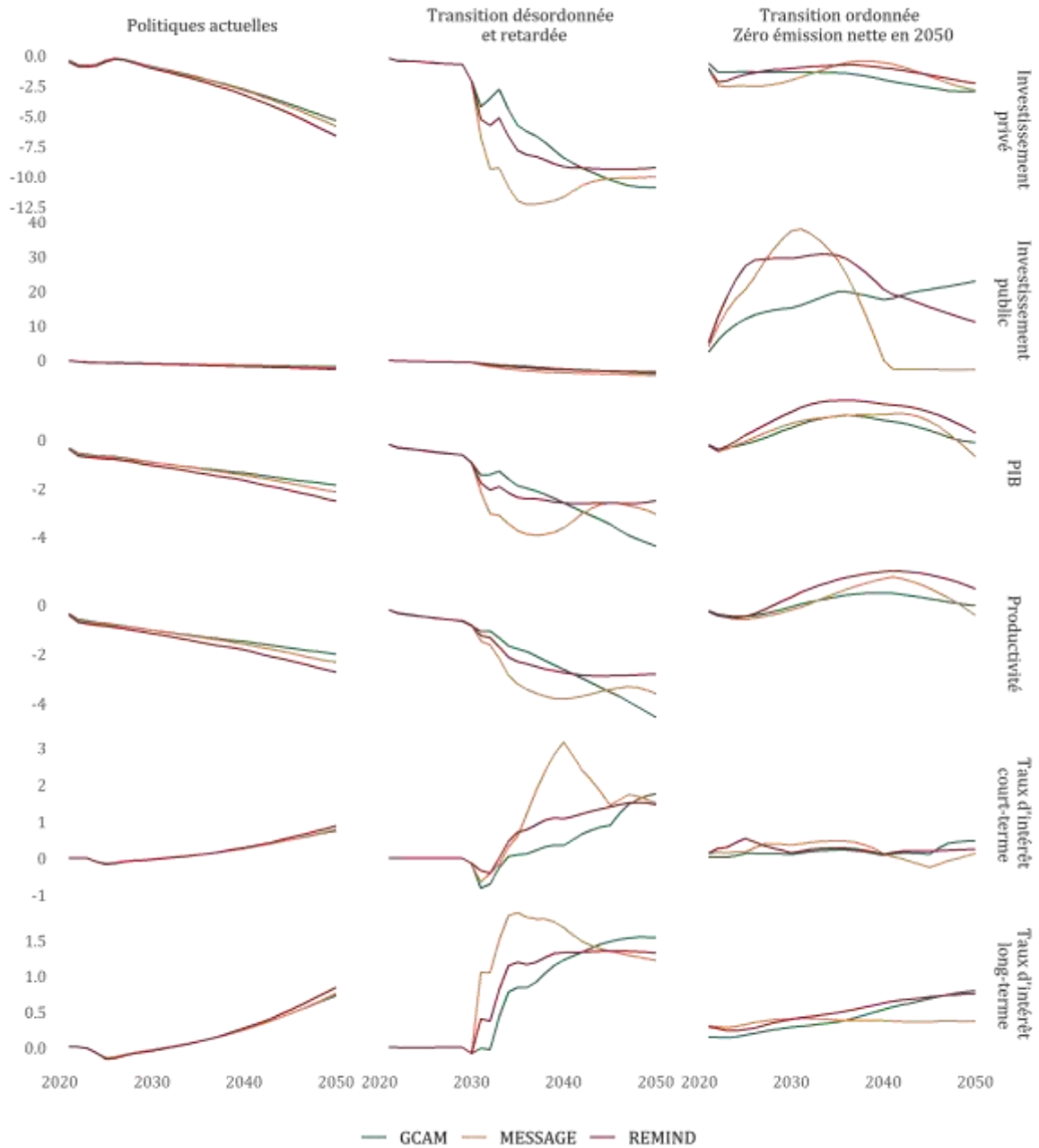


Source : NGFS version 2.2, calculs de la mission.

Lecture : Dans le cas d'un scénario de transition désordonnée et retardée, selon le modèle REMIND, les risques physiques entraînent en 2050 une diminution de 1,2 % du PIB de la France par rapport à sa tendance passée (lorsqu'on prolonge le taux de croissance à partir de sa moyenne passée, sans risque physique lié au changement climatique).

Annexe III

Graphique 2 : Effets sur les grandes variables macroéconomiques en France des risques de transition et des risques physiques liés au changement climatique (en % de la tendance passée)

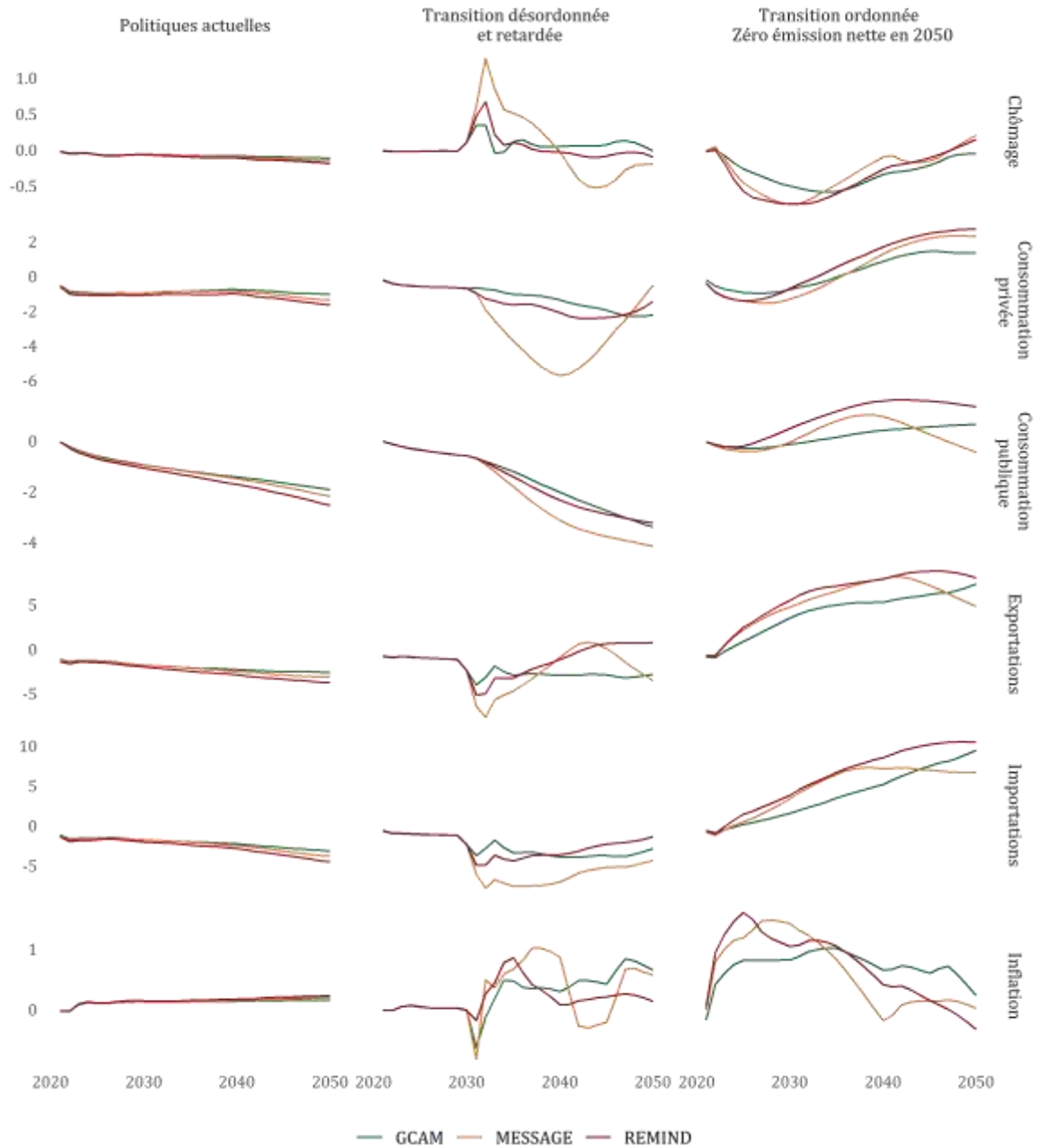


Source : NGFS version 2.2., calculs de la mission.

Lecture : Dans le cas d'un scénario de transition ordonnée, selon les simulations du modèle GCAM, le PIB croît de 0,99 % en 2035 par rapport à sa tendance passée (lorsqu'on prolonge le taux de croissance à partir de sa moyenne passée, sans risque physique lié au changement climatique).

Annexe III

Graphique 3 : Effets sur les grandes variables macroéconomiques en France des risques de transition et des risques physiques liés au changement climatique (en % de la tendance passée)



Source : NGFS version 2.2., calculs de la mission.

ANNEXE IV

**Simulations macroéconomiques
demandées par la mission à trois
équipes de modélisateurs
(ADEME, CIRED, SEURECO)**

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE LA COMMANDE ET CAHIER DES CHARGES	1
1.1. Contexte de la commande.....	1
1.2. Cahier des charges	1
1.2.1. <i>Objectifs de la mission</i>	1
1.2.2. <i>Cahier des charges initial</i>	2
2. SIMULATIONS COMMUNIQUÉES PAR LES MODÉLISATEURS ET EXPLOITÉES PAR LA MISSION DANS LE CADRE DU RAPPORT	3
2.1. Simulations communiquées par l'ADEME	3
2.1.1. <i>Variantes simulées</i>	3
2.1.2. <i>Résultats des variantes simulées par l'ADEME</i>	4
2.2. Simulations communiquées par le CIREC	8
2.2.1. <i>Scénario de référence utilisé par le CIREC</i>	8
2.2.2. <i>Variante simulée par le CIREC</i>	8
2.3. Simulations communiquées par SEURECO.....	9
2.3.1. <i>Scénario de référence utilisé par SEURECO</i>	9
2.3.2. <i>Variantes simulées par SEURECO</i>	9

1. Contexte de la commande et cahier des charges

1.1. Contexte de la commande

La mission a sollicité trois équipes externes de modélisateurs spécialisés en **macroéconomie du climat**, dans le contexte de sa lettre de commande qui l'invitait à consulter « *des personnalités qualifiées (notamment des économistes) [et des] des instituts experts en évaluation de politiques publiques* » :

- ◆ l'Agence de la transition écologique (ADEME), afin d'obtenir des simulations issues du modèle ThreeME¹ développé avec l'Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE) ;
- ◆ le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED), à l'origine des modèles IMACLIM, et notamment du modèle IMACLIM-R France² ;
- ◆ l'entreprise de modélisation économique SEURECO, qui gère les contrats réalisés par l'équipe de recherche ERASME, notamment à partir du modèle NEMESIS³.

Les simulations ont été réalisées à titre gracieux et dans des délais contraints à la demande de la mission. Le cahier des charges initial a été finalisé le 20 juin 2022, les résultats obtenus au cours de la semaine du 18 juillet 2022, puis ces derniers ont fait l'objet de plusieurs séries d'échanges complémentaires avec les modélisateurs entre le 25 juillet et le 5 août 2022.

1.2. Cahier des charges

1.2.1. Objectifs de la mission

L'objectif principal poursuivi par la mission est d'appréhender, à la lumière des simulations demandées, le besoin de pilotage macroéconomique des politiques bas-carbone :

- ◆ la simulation de variantes adverses permet à la mission d'explicitier le caractère potentiellement contingent du double dividende de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de hausse de l'activité économique ;
- ◆ en outre, l'objectif des variantes est d'illustrer comment différents choix de politiques publiques, ainsi que l'environnement économique dans lequel ceux-ci interviennent, engendrent des coûts et des gains macroéconomiques variables sur un même sentier d'atteinte de la neutralité carbone.

¹ Modèle d'équilibre général calculable en économie ouverte, dynamique, hybride, néokeynésien et multisectoriel. Publication de référence : [ThreeME model | threeme](#).

² Modèle d'équilibre général calculable en économie ouverte, dynamique, récursif, hybride et muni de modules sectoriels endogènes intégrés. La version 2 du modèle a été utilisée pour effectuer les simulations demandées par la mission. Publication de référence : [Transitions énergétiques en France: Enseignements d'exercices de prospective \(archives-ouvertes.fr\)](#).

³ Modèle macroéconométrique en économie ouverte, dynamique, hybride et multisectoriel. La version 5.1 du modèle a été utilisée pour effectuer les simulations demandées par la mission. Publication de référence : [Where is the EU headed given its current climate policy? A stakeholder-driven model inter-comparison - PubMed \(nih.gov\)](#)

À titre accessoire, la mission a veillé à exprimer un besoin de simulations couvrant les différents outils permettant d'atteindre la neutralité carbone : subventions publiques à l'investissement, hausse du prix de carbone (sous la forme d'une taxe carbone ou d'un prix assigné à des quotas d'émissions de gaz à effet de serre) ou mesures normatives.

1.2.2. Cahier des charges initial

Le cahier des charges initial soumis aux trois équipes de modélisation comportait les variantes suivantes par rapport à un scénario de référence déterminé par ces derniers⁴ :

- ◆ la simulation d'une mesure de subvention à l'investissement dans le secteur ferroviaire, ce dernier étant suffisamment important pour emporter des effets macroéconomiques. Deux options pouvaient être simulées : **(i)** sans contrainte forte de financement (taux d'intérêts réels stables) et **(ii)** avec une plus forte contrainte de financement (taux réels croissant avec la hausse de l'inflation et la baisse du chômage) *via* une règle de Taylor ;
- ◆ la simulation d'une augmentation de la taxe carbone dans les secteurs n'étant pas soumis au système européen de quotas d'émissions et d'une hausse des prix de ces quotas dans les secteurs couverts, selon deux modalités distinctes : **(i)** avec ou sans recyclage du produit de la taxe ; **(ii)** avec recyclage de la taxe mais deux modalités (forte, faible) d'élasticité de substitution entre les types d'énergie et de capital ;
- ◆ la simulation de l'interdiction de vente de véhicules thermiques en 2035, en mettant en évidence les résultats pour l'ensemble de l'économie et de façon plus détaillée pour le secteur de l'automobile, selon deux modalités : **(i)** sous contrainte d'une demande de véhicules électriques relativement moins dynamique que dans le scénario de référence à court terme en modélisant une baisse des aides à l'achat de nouveaux véhicules électriques ; **(ii)** sous contrainte d'une offre de véhicules électriques moins dynamique que dans le scénario de référence à court terme en modélisant une hausse de la propension à importer des batteries électriques et une hausse du prix des importations de batteries électriques ;
- ◆ l'accélération de la dépréciation du capital brun, avec une forte ou une faible élasticité de substitution entre les types d'énergie et de capital.

Au fil des échanges avec les équipes de modélisation et compte tenu des contraintes de calendrier de la mission, ce cahier des charges a connu plusieurs ajustements.

⁴ La spécification d'un compte central partagé par l'ensemble des équipes de modélisation n'était pas envisageable dans les délais impartis à la mission.

2. Simulations communiquées par les modélisateurs et exploitées par la mission dans le cadre du rapport⁵

2.1. Simulations communiquées par l'ADEME

2.1.1. Variantes simulées

Un **premier couple de variantes** simule une **hausse de la taxe carbone partiellement recyclée** et l'évolution du mix énergétique telle que prévue dans le scénario S3 de Transitions 2050⁷, **avec ou sans contraintes de financement** (cf. section 2.1.2.1). Le scénario de référence utilisé est le scénario tendanciel de l'exercice « Transition(s) 2050 » piloté par l'ADEME, auquel est ajouté une règle de Taylor modifiée afin de modéliser un resserrement éventuellement plus fort de la politique monétaire.

Une **deuxième variante** simule une **hausse de la taxe carbone dont les revenus sont totalement recyclés** et l'évolution du mix énergétique associée telle que prévue dans le scénario S3 de Transitions 2050, **combinée à une évolution défavorable des prix relatifs des énergies renouvelables** (cf. section 2.1.2.2). Le scénario de référence utilisé est le scénario tendanciel de l'exercice « Transition(s) 2050 » piloté par l'ADEME dans lequel les prix relatifs des énergies renouvelables sont quasiment stables. La comparaison des écarts au scénario de référence dans cette variante à ceux observés dans une variante identique mais dans laquelle les prix relatifs des énergies renouvelables décroissent permet d'isoler les effets de cette hypothèse relative aux prix relatifs des énergies renouvelables.

Une **troisième variante** simule une **interdiction de vente des véhicules thermiques neufs en 2035, combinée à une évolution défavorable du surcoût des véhicules électriques**, ces derniers étant supposés « importés »⁸ (cf. section 2.1.2.3). Le scénario de référence utilisé est le scénario tendanciel de l'exercice « Transition(s) 2050 » piloté par l'ADEME dans lequel l'hypothèse d'évolution défavorable du surcoût « importé » des véhicules électriques est également introduite. Les différentiels de PIB et d'emplois ainsi obtenus sont ensuite comparés à ceux observés dans une variante simulant une interdiction de vente des véhicules thermiques neufs en 2035 et dans laquelle le surcoût des véhicules électriques évolue favorablement.

Une **quatrième variante** simule une **dépréciation accélérée du capital dans des secteurs de production carbonés** (production industrielle et d'énergie, cf. section 2.1.2.4). Le scénario de choc est équivalent au scénario tendanciel de l'exercice « Transition(s) 2050 » jusqu'en 2030. Puis, la part des modes de production énergétique converge vers le *mix* du scénario « Technologies vertes » de l'ADEME⁹ (convergence assurée en 2040). Une telle transition retardée peut causer l'arrêt prématuré de l'utilisation de capital corporel qui n'aurait pas encore été amorti et, par conséquent, entraîner une hausse du coût effectif du capital. Ainsi, la variante simulée correspond à ce scénario de transition désordonnée avec des coûts liés à la dépréciation accélérée du capital par rapport à un scénario de référence dans lequel la transition désordonnée se produit « artificiellement » sans cette dépréciation accélérée du capital « brun ».

⁵ La présente annexe se concentre sur les simulations exploitées dans le rapport, d'autres variantes ayant été communiquées à la mission par les équipes de modélisateurs.

⁶ Les dépenses de taxe carbone des ménages leur sont intégralement remboursées.

⁷ Voir : [ADEME - Transition\(s\) 2050](#). Cette évolution du mix énergétique est introduite dans la variante pour atteindre des réductions d'émissions de gaz à effet de serre cohérentes avec la trajectoire de la taxe carbone.

⁸ Dans la calibration de la variante, le surcoût de dépenses d'acquisition de véhicules électriques importés par les ménages est équivalent au surcoût de dépenses totales d'acquisition de véhicules électriques.

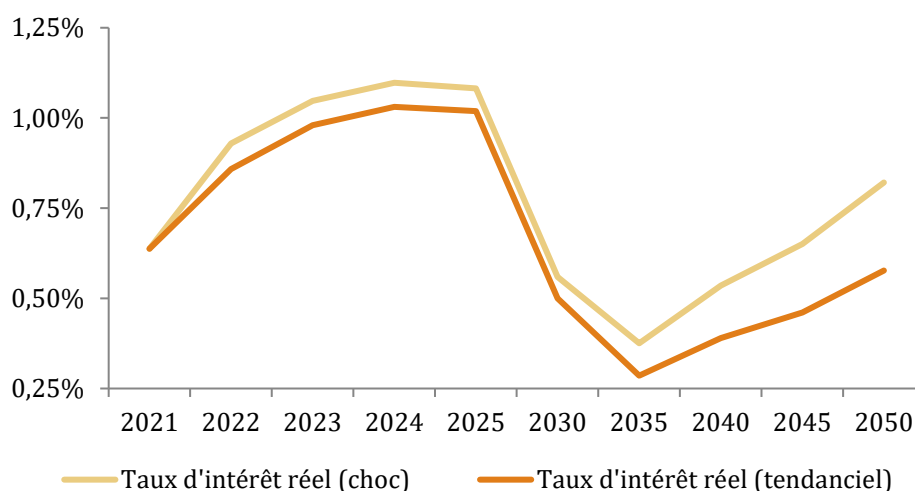
⁹ Voir : [ADEME - Transition\(s\) 2050 - Technologies vertes](#).

2.1.2. Résultats des variantes simulées par l'ADEME

2.1.2.1. Hausse de la taxe carbone et contrainte de financement¹⁰

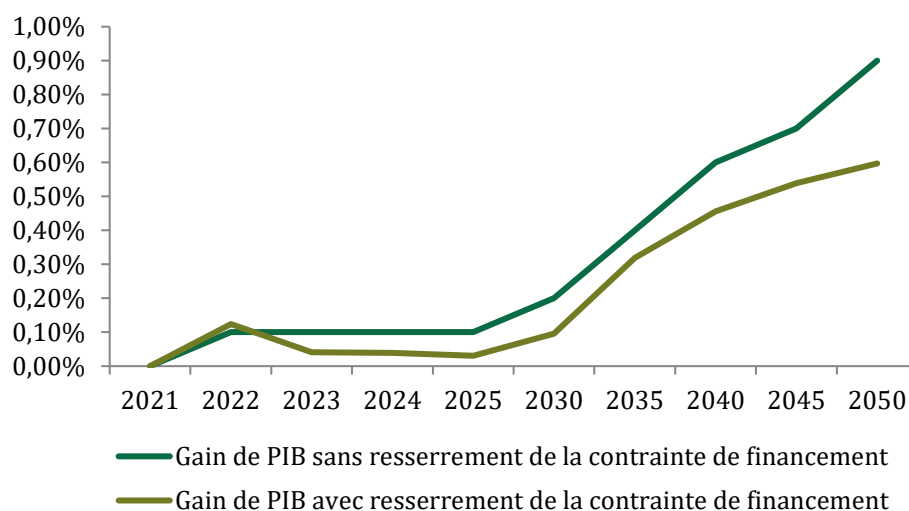
Un resserrement modique des taux d'intérêt réels (+0,2 point, cf. graphique 1) est susceptible de diminuer de moitié à horizon 2030 (baisse de +0,2 à +0,1 %) et d'un tiers (baisse de +0,9 % à +0,6 %) en 2050 le gain de PIB associé à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (-78 % sur la période 2020-2050) permise par une hausse de la taxe carbone faisant l'objet d'un recyclage partiel et atteignant 759 € par tonne de CO₂ en 2050 (cf. graphique 2).

Graphique 1 : Évolution du taux d'intérêt réel



Source : Simulations communiquées par l'ADEME.

Graphique 2 : Différentiel de gain de PIB par rapport au scénario de référence en cas de hausse de la taxe carbone et de resserrement de la contrainte de financement¹¹



Source : Simulations communiquées par l'ADEME.

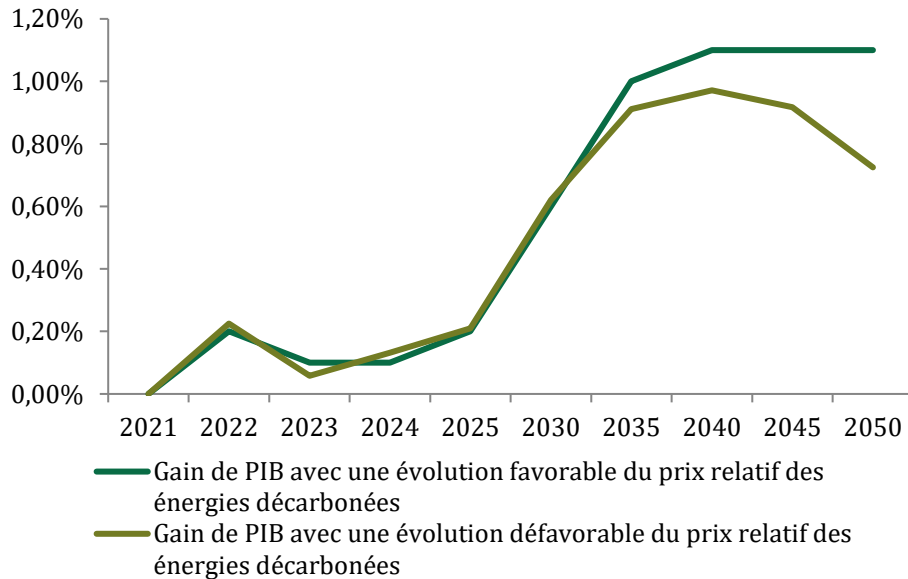
¹⁰ Les niveaux de taxe carbone sont exprimés en €2021.

¹¹ Le resserrement de la contrainte de financement est simulé par une modification de la règle de Taylor.

2.1.2.2. Hausse de la taxe carbone et prix relatifs des énergies renouvelables¹²

Une hypothèse défavorable d'évolution des prix relatifs des énergies renouvelables par rapport aux énergies fossiles, supposés stables et non décroissants d'ici 2050, se traduirait par une baisse du gain de PIB de -0,4 point (cf. graphique 3) dans un scénario de hausse de la taxe carbone atteignant 742 € par tonne de CO₂ en 2050, en faisant l'hypothèse que les revenus de cette taxe sont recyclés. Dans le même temps, les émissions de gaz à effet de serre baisseraient de 78 % sur la période.

Graphique 3 : Différentiel de gain de PIB (exprimé en %) par rapport au scénario de référence en cas de hausse de la taxe carbone et d'évolution du prix relatif des énergies renouvelables



Source : Simulations communiquées par l'ADEME.

2.1.2.3. Interdiction de vente des véhicules thermiques avec évolution défavorable du surcoût des véhicules électriques par rapport aux véhicules thermiques

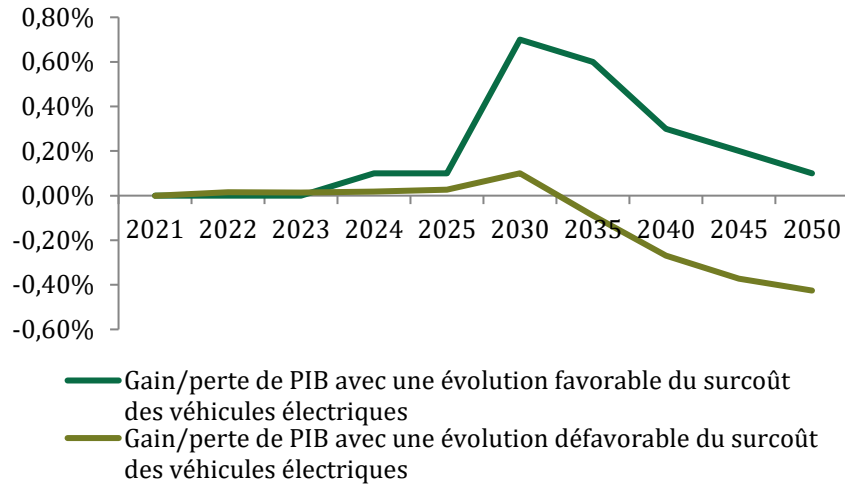
Dans un contexte de mise en œuvre de l'interdiction de vente des véhicules thermiques neufs en 2035, l'hypothèse défavorable de surcoût « importe »¹³ (cf. section 2.1.1) des véhicules électriques (maintien à 8 000 € sur toute la période) est susceptible de réduire le gain de PIB de 0,6 point en 2040 et de 0,5 point en 2050 (cf. graphique 4). Le différentiel d'emplois s'élève à près de 189 000 en 2040 selon que l'évolution du surcoût des véhicules électriques décroît et que la France produit elle-même ses batteries (hypothèse favorable), ou que ce surcoût reste constant et que la France « importe » ce surcoût (cf. graphique 5). Simultanément, dans cette variante, les émissions de CO₂ baissent de 36 % sur la période 2021-2050.

¹² Les niveaux de taxe carbone sont exprimés en €2021.

¹³ Cette double hypothèse peut traduire une situation dans laquelle 1) une demande mondiale soutenue de batteries maintiendrait leur prix élevé et 2) la France n'aurait d'autre choix que d'importer l'essentiel de ces batteries.

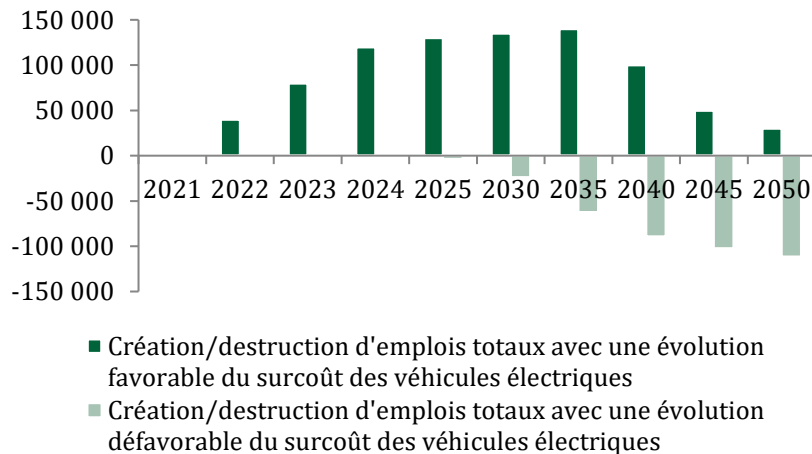
Annexe IV

Graphique 4 : Différentiel de gain de PIB par rapport au scénario de référence en cas d'interdiction de la vente de véhicules thermiques neufs en 2035 et d'évolution défavorable du surcoût des véhicules électriques



Source : Simulations communiquées par l'ADEME.

Graphique 5 : Différentiel d'emplois par rapport au scénario de référence en cas d'interdiction de la vente de véhicules thermiques neufs en 2035 et d'évolution défavorable du surcoût des véhicules électriques



Source : Simulations communiquées par l'ADEME.

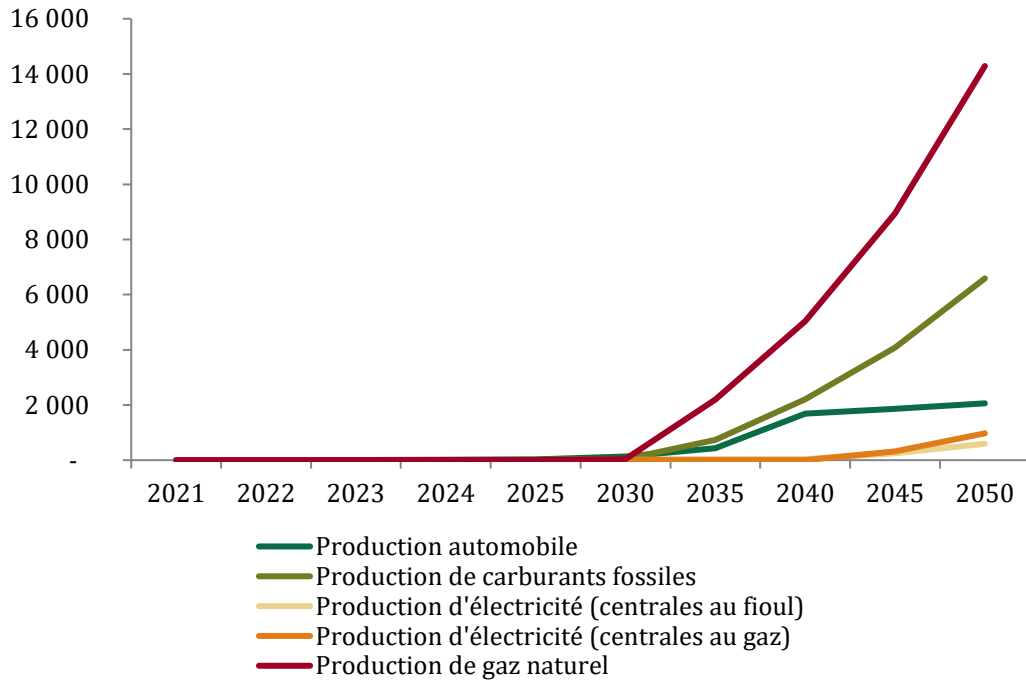
2.1.2.4. Dépréciation accélérée du capital « brun »

Le graphique 6 présente l'évolution du coût unitaire du capital dans les secteurs sujets à déclassement accéléré du capital dans un contexte de transition retardée. Dans la simulation, il est supposé que le taux de déclassement du capital augmente **(i)** au *prorata* de la baisse de la production d'énergie fossile (pétrole et gaz naturel) pour les installations de production de carburant fossile et de gaz naturel et les centrales thermiques à flamme et **(ii)** au *prorata* de la baisse des ventes de véhicules thermiques pour l'industrie automobile, en supposant que le quart des équipements des chaînes de production de véhicules thermiques existantes devrait être remplacé.

Annexe IV

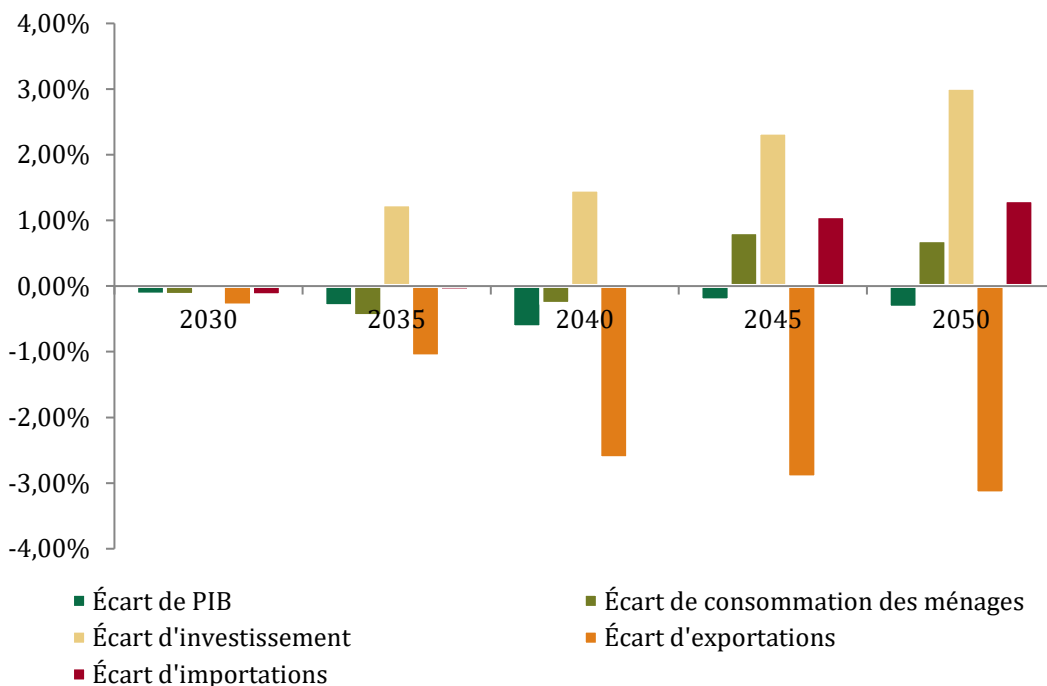
Dans cette simulation schématique, qui ne permet pas par exemple de capturer les gains potentiels issus d'investissements alternatifs, la dépréciation accélérée du capital « brun », dans un contexte de transition désordonnée, pourrait ainsi impliquer une légère baisse de -0,6 % du PIB en 2040 et -0,3 % du PIB en 2050 ainsi qu'une dégradation des exportations (-1,1 % en 2035 et -3,2 % en 2050) (cf. graphique 7).

Graphique 6 : Évolution du coût unitaire du capital dans les secteurs sujets à dépréciation accélérée (base 100 en 2021)



Source : Simulations communiquées par l'ADEME.

Graphique 7 : Effets macroéconomiques de la dépréciation accélérée du capital



Source : Simulations communiquées par l'ADEME.

2.2. Simulations communiquées par le CIRED

2.2.1. Scénario de référence utilisé par le CIRED

Le scénario de référence utilisé par le CIRED afin d'évaluer les variantes demandées par la mission correspond au scénario de neutralité carbone élaboré par le Network for Greening the Financial System (NGFS, phase 2)¹⁴.

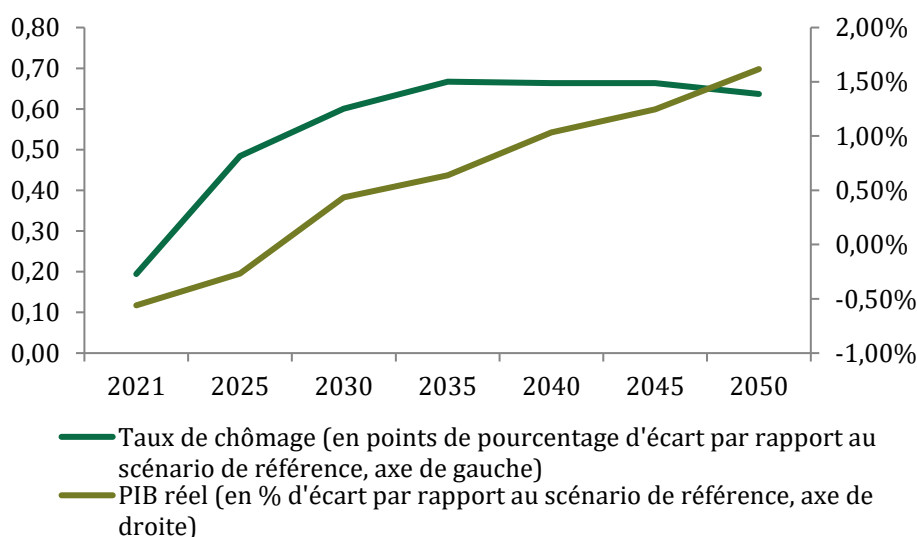
Ce scénario, correspondant à une transition ordonnée qui permet de limiter le réchauffement à +1,5°C par rapport à l'ère préindustrielle, a été développé dans le cadre du groupe de travail « stress tests » piloté par l'ADEME depuis 2021 et associant les équipes de modélisation de l'ADEME, du CIRED, de SEURECO et de la Banque de France.

2.2.2. Variante simulée par le CIRED

La simulation évaluée *via* le modèle IMACLIM-R France correspond à **une hausse de 25 % de la taxe carbone à partir de 2021, sans recyclage des revenus de cette taxe**, étant précisé que dans le modèle IMACLIM-R France, l'absence de recyclage de la taxe carbone se traduit par une hausse de l'épargne publique et donc de l'investissement par bouclage (cf. graphique 8).

Dans le modèle, cette hausse de la taxe carbone se traduit par une hausse de PIB grâce à un effet relance de l'investissement (+0,4 % par rapport au scénario de référence en 2030), lié à la hausse de l'épargne et au mécanisme de bouclage. Cet effet de relance entraîne le secteur de la construction tandis que l'absence de recyclage à destination des ménages nuit à la consommation de bien composite regroupant, dans le modèle, les industries manufacturières et les services. L'intensité en emplois du secteur composite étant supérieure à celle du secteur de la construction, il en résulte un déficit d'emplois (hausse de +0,6 point du taux de chômage par rapport au scénario de référence en 2030), alors que les émissions de carbone baissent d'environ 25 % sur la période 2021-2030 dans le modèle.

Graphique 8 : Effets macroéconomiques d'une hausse de 25 % de la taxe carbone en 2021 combinée à l'absence de recyclage de ses revenus dans le modèle IMACLIM-R France



Source : Mission d'après les simulations communiquées par le CIRED.

¹⁴ Ce scénario, emportant une trajectoire déterminée de hausse du prix du carbone, ne permet pas d'atteindre la cible de zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050 dans l'univers de modélisation d'IMACLIM-R France.

2.3. Simulations communiquées par SEURECO

2.3.1. Scénario de référence utilisé par SEURECO

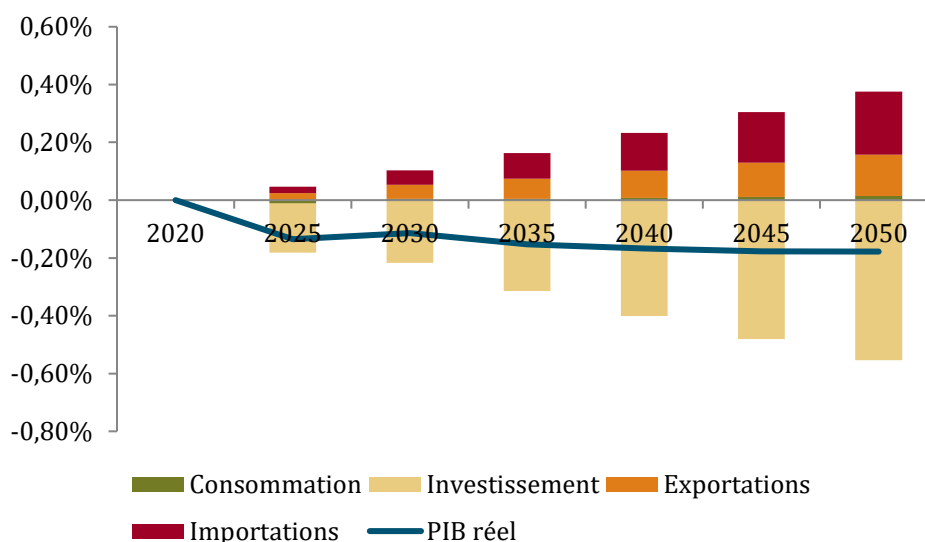
Le scénario de référence utilisé par SEURECO afin d'évaluer les variantes demandées par la mission correspond au scénario de neutralité carbone élaboré par le Network for Greening the Financial System (NGFS, phase 2)¹⁵ (cf. section 2.2.1).

2.3.2. Variantes simulées par SEURECO

Une première variante simulée à l'aide du modèle NEMESIS correspond à une dégradation de l'élasticité de substitution entre le capital et l'énergie, cette élasticité étant inchangée dans le secteur de l'électricité (cf. graphique 9).

Vis-à-vis du scénario de référence, une division par deux de l'élasticité de substitution entre le capital et l'énergie dans les secteurs productifs (hors production du secteur de l'électricité) dégrade le niveau du PIB réel de -0,2 point en 2050, en raison principalement d'une baisse de l'investissement de -0,6 point de PIB. Les émissions de CO₂ baissent de 11 % sur la période.

Graphique 9 : Effets macroéconomiques d'une division par deux de l'élasticité de substitution entre le capital et l'énergie dans les secteurs (hors production d'électricité) dans le modèle NEMESIS



Source : Mission d'après les simulations communiquées par SEURECO.

Note de lecture : L'évolution en niveau du PIB réel (en % par rapport à son niveau dans le scénario de référence) est décomposée en contributions de la consommation, de l'investissement, des exportations et des importations. Les contributions doivent être lues en écart en points de PIB au scénario de référence.

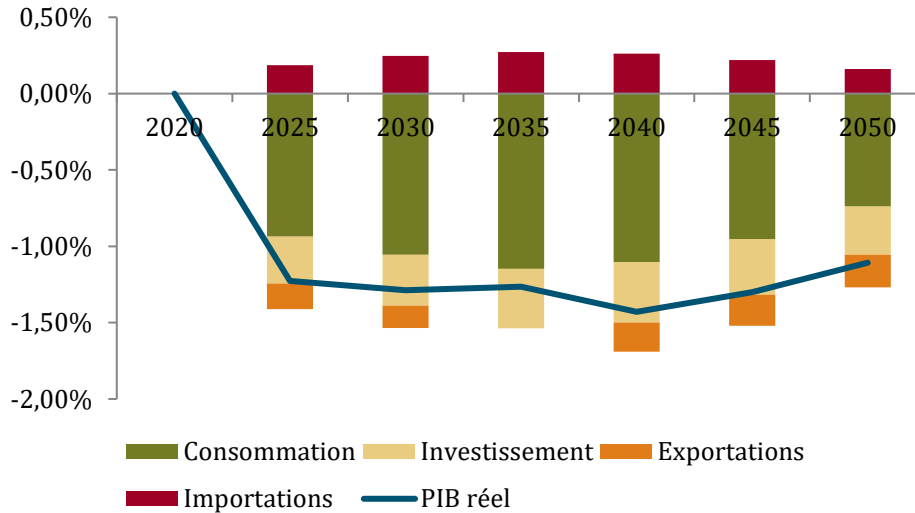
Une deuxième variante simulée à l'aide du modèle NEMESIS correspond à une absence de recyclage de la taxe carbone (cf. graphique 10).

¹⁵ Ce scénario, emportant une trajectoire déterminée de hausse du prix du carbone, ne permet pas d'atteindre la cible de zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050 dans l'univers de modélisation de NEMESIS.

Annexe IV

Par rapport au scénario de référence, l'absence de recyclage des revenus de la taxe carbone, qui sont alors fléchés vers un remboursement de la dette publique dans le modèle, entraîne une baisse du PIB de -1,3 point en 2030 et -1,1 point en 2050.

Graphique 10 : Effets macroéconomiques d'une absence de recyclage des revenus de la taxe carbone dans le modèle NEMESIS



Source : Mission d'après les simulations communiquées par SEURECO.

Note de lecture : L'évolution en niveau du PIB réel (en % par rapport à son niveau dans le scénario de référence) est décomposée en contributions de la consommation, de l'investissement, des exportations et des importations. Les contributions doivent être lues en écart en points de PIB au scénario de référence.

ANNEXE V

Maquette stylisée d'évaluation des effets des politiques d'atténuation sur les finances publiques

SOMMAIRE

1. MÉTHODE DE L'OFFICE FOR BUDGET RESPONSIBILITY (OBR) BRITANNIQUE VISANT À ÉVALUER LES EFFETS DES POLITIQUES BAS-CARBONE SUR LES FINANCES PUBLIQUES	1
1.1. Objectifs poursuivis par l'OBR.....	1
1.2. Scénarios économiques, recettes et dépenses d'investissement directement et indirectement affectées par la transition bas-carbone	1
1.3. Résultats présentés dans le <i>Fiscal Risks Report</i> de juillet 2021	2
2. MÉTHODE ADOPTÉE PAR LA MISSION AFIN DE TRANSPOSER L'ÉVALUATION BUDGÉTAIRE DE L'OBR EN FRANCE	5
2.1. Objectifs poursuivis par la mission.....	5
2.2. Scénarios économiques, recettes et dépenses d'investissement directement liées à la transition bas-carbone	5
2.3. Résultats obtenus pour la France.....	6

1. Méthode de l'Office for Budget Responsibility (OBR) britannique visant à évaluer les effets des politiques bas-carbone sur les finances publiques

1.1. Objectifs poursuivis par l'OBR

Dans son rapport sur les risques budgétaires de juillet 2021, l'Office for Budget Responsibility (OBR) a consacré un chapitre au changement climatique¹ visant à analyser notamment les implications budgétaires de la transition en vue d'atteindre la cible de zéro émission nette de gaz à effet de serre en 2050².

Trois canaux de transmission directs des politiques d'atténuation sur les finances publiques sont d'abord identifiés :

- ◆ la prise en charge d'une part des dépenses d'investissement nécessaires à la transition bas-carbone par la collectivité publique – le gouvernement britannique ne s'étant pas prononcé sur le partage de l'effort d'investissement avec le secteur privé ;
- ◆ la perte de recettes fiscales directement liées aux combustibles fossiles. Quatre impôts relèvent du champ de l'analyse de l'OBR³ ;
- ◆ les recettes additionnelles tirées d'une « taxe carbone » assise sur toutes les émissions, désignant indistinctement une taxe carbone au sens strict ou un système de quotas (*Emission Trading Schemes* (ETS)).

Un canal de transmission indirect est également pris en compte : l'OBR intègre la sensibilité des finances publiques à différents scénarios économiques de transition bas-carbone, au regard de plusieurs hypothèses de sensibilité à la croissance des dépenses et des recettes non directement liées aux émissions de gaz à effet de serre.

1.2. Scénarios économiques, recettes et dépenses d'investissement directement et indirectement affectées par la transition bas-carbone

L'OBR s'appuie sur les chroniques de produit intérieur brut (PIB) nominal des scénarios de transition produits par la Bank of England dans le cadre du Network for Greening the Financial System (NGFS), procédant à l'évaluation macroéconomique des scénarios à l'aide du modèle NiGEM. Trois scénarios sont examinés par l'OBR : celui d'une transition ordonnée (*Early Action scenario*), d'une transition retardée (*Late Action scenario*) et à politiques inchangées (*No Additional Action scenario*)⁴.

¹ Institué en 2010 au Royaume-Uni, l'Office for Budget Responsibility (OBR) a pour mission d'analyser et de rendre des comptes sur la soutenabilité des finances publiques. À la suite de l'élargissement de son mandat en 2015, l'OBR a été chargé par le Parlement de produire un rapport sur les risques budgétaires (« *Fiscal Risks Report* ») tous les deux ans auquel le Gouvernement est tenu d'apporter une réponse formelle. Outre le changement climatique, deux autres risques sont étudiés dans le *Fiscal Risks Report* de juillet 2021 : la crise du coronavirus et l'évolution de la charge de la dette.

² OBR, *Fiscal Risks Report*, juillet 2021, pp. 123-150.

³ Impôts indirects sur les carburants (*fuel duties*), les véhicules thermiques et hybrides (*vehicle excise duties*), les passagers aériens (*air passenger duties*), les déchets et les emballages plastiques (*landfill tax* et *plastic packaging tax*).

⁴ Pour une description des scénarios de transition bas-carbone utilisés par l'OBR, voir : [Key elements of the 2021 Biennial Exploratory Scenario: Financial risks from climate change | Bank of England](#).

Les données relatives aux dépenses d'investissement directement liées à la transition bas-carbone sont issues des travaux du Climate Change Committee⁵. Pour le sixième budget carbone, ce dernier documente les coûts de décarbonation par secteur de l'économie. Ainsi, l'OBR assigne une hypothèse de prise en charge des dépenses d'investissement par l'État dans chacun des secteurs sur la période 2020-2050⁶. Au niveau agrégé de l'ensemble des secteurs, l'État est supposé assumer 27 % de l'effort d'investissement total sur la période. Deux variantes, « basse » et « haute », supposent alors que cette part est réduite à 13 % ou augmentée à 41 % respectivement.

Les projections de recettes fiscales directement liées aux combustibles et énergies fossiles sont issues des scénarios du Climate Change Committee, dont le « *balanced pathway* » constitue le scénario central de l'OBR :

- ◆ concernant les projections de perte de recettes fiscales : pour effectuer ses projections, l'OBR utilise une hypothèse d'évolution des taux d'imposition issue de la méthodologie de prévision du gouvernement britannique. Par ailleurs, deux scénarios alternatifs, reflétant l'incertitude qui enveloppe le rythme auquel ces recettes pourraient s'éroder, sont considérés – selon que les recettes perdurent plus (« *headwinds scenario* ») ou moins (« *tailwinds scenario* ») longtemps que dans le scénario central ;
- ◆ concernant les projections de taxe carbone : l'assiette d'émissions est issue du « *balanced pathway* » du Climate Change Committee. Le taux d'imposition est calculé par l'OBR en combinant des éléments issus des scénarios de la Bank of England et du Climate Change Committee⁷.

Enfin, les recettes et les dépenses non liées au climat évoluent selon deux élasticités au PIB nominal. L'OBR suppose que l'élasticité des recettes non liées au climat au PIB nominal, inchangée selon les scénarios, est **unitaire**. En revanche, l'élasticité des dépenses non liées au climat au PIB nominal est supposée égale à **0,5** : par rapport à une élasticité nulle, cette hypothèse permet de limiter la hausse du ratio des dépenses au PIB liée à une baisse du PIB.

1.3. Résultats présentés dans le *Fiscal Risks Report* de juillet 2021

Les travaux de l'OBR suggèrent que dans un scénario de transition ordonnée, la dette publique pourrait augmenter, notamment sous l'effet de l'attrition des recettes fiscales directement liées aux énergies et combustibles fossiles.

Dans le scénario « *Early Action* » de la Bank of England, le ratio de dette publique sur PIB évolue davantage que dans le scénario de référence (+20 points à horizon 2050, cf. graphique 1). Cette évolution défavorable du ratio de dette publique s'explique en premier lieu par la perte de recettes induite par la transition bas-carbone, l'effet négatif sur les finances publiques dominant celui entraîné par le choc d'investissement (cf. graphique 2).

L'effort d'investissement consenti par les administrations publiques affecte également la dynamique des finances publiques.

Dans la variante haute (respectivement basse, cf. section 1.2) de prise en charge des dépenses d'investissement directement liées à la transition bas-carbone par la puissance publique, la dette publique augmente (respectivement baisse) d'environ 5 points de PIB (cf. graphique 3).

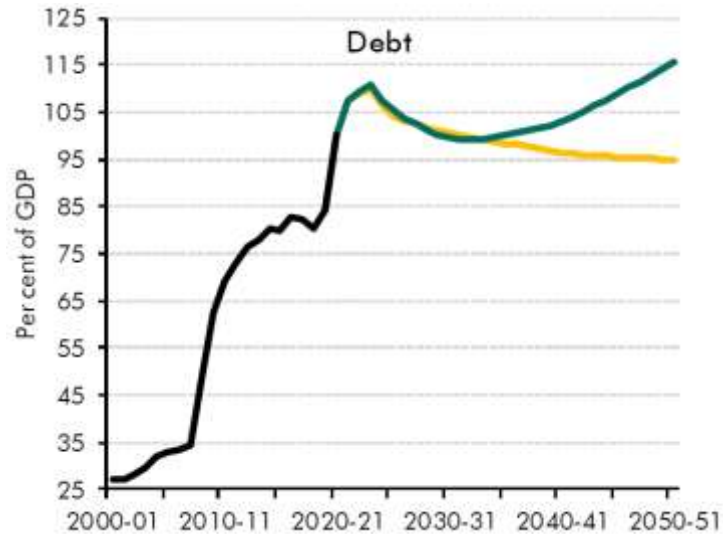
⁵ Le Climate Change Committee est un organisme indépendant créé en 2008 pour conseiller le gouvernement sur l'atteinte des cibles de réduction d'émissions de gaz à effet de serre et rendre compte au Parlement des avancées en la matière.

⁶ Par exemple, le gouvernement couvre initialement 10 % des investissements visant à renforcer le réseau électrique, puis 5 % à partir de 2030. Source : OBR, *ibidem*, p. 125.

⁷ OBR, *ibidem*, p. 130 et s. Le taux d'imposition est de 101 £ par tonne en 2026-2027 et croît jusqu'à 187 £ par tonne de CO₂ émise en 2050-2051.

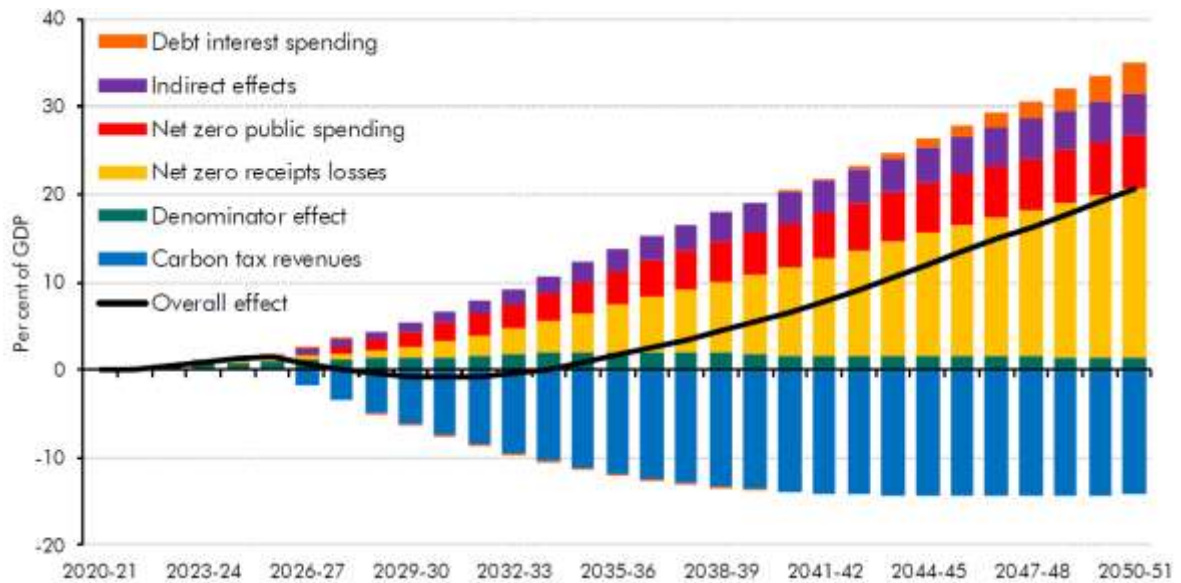
Annexe V

Graphique 1 : Évolution de la dette publique (en points de PIB) dans un scénario de transition bas-carbone ordonnée (courbe verte) par rapport à son évolution dans un scénario tendanciel (courbe jaune) (au Royaume-Uni)



Source : OBR, Fiscal Risks Report, juillet 2021, p. 138 (graphique 3.27).

Graphique 2 : Décomposition de l'évolution de la dette publique (en points de PIB) dans un scénario de transition bas-carbone ordonnée par rapport à son évolution dans un scénario tendanciel (au Royaume-Uni)

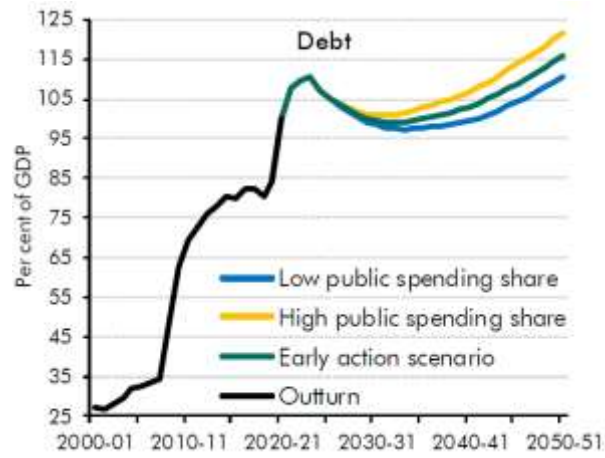


Source : OBR, Fiscal Risks Report, juillet 2021, p. 139 (graphique 3.28).

Note de lecture : Par rapport à un scénario tendanciel, « Debt interest spending » désigne la contribution de l'évolution de la charge de la dette à l'évolution de la dette publique ; « Indirect effects » désigne la contribution de l'évolution des dépenses nettes des recettes non liées à la transition bas-carbone à l'évolution de la dette publique (ces dépenses et recettes non liées au climat varient du fait de l'effet de la transition sur le PIB) ; « Net zero public spending » désigne la contribution de l'évolution des dépenses publiques d'investissement liées à la transition bas-carbone à l'évolution de la dette publique ; « Net zero receipt losses » désigne la contribution de la perte de recettes liées aux énergies et combustibles fossiles à l'évolution de la dette publique ; « Denominator effect » désigne le résidu lié à la décomposition de l'écart du ratio dette publique sur PIB entre la variante et le scénario de référence ; « Carbon tax revenues » désigne la contribution des recettes de taxe carbone à l'évolution de la dette publique.

Annexe V

Graphique 3 : Évolution de la dette publique (en points de PIB) dans un scénario de transition bas-carbone ordonnée selon le degré de dépenses publiques d'investissement liées à la transition bas-carbone (au Royaume-Uni)



Source : OBR, Fiscal Risks Report, juillet 2021, p. 146 (graphique 3.31).

2. Méthode adoptée par la mission afin de transposer l'évaluation budgétaire de l'OBR en France

2.1. Objectifs poursuivis par la mission

La réplication de l'analyse de l'OBR pour la France montre qu'un outil stylisé permet de scénariser les effets de la transition bas-carbone sur les finances publiques :

- ◆ la maquette élaborée par la mission pour la France permet d'évaluer les impacts budgétaires de plusieurs scénarios de transition bas-carbone – et, *a fortiori*, celui ou ceux envisagé(s) au titre de la SNBC 3 – dès lors qu'**une chronique de PIB, une chronique d'investissements publics supplémentaires et de pertes de recettes assises sur l'énergie** peuvent être associées à de tels scénarios ;
- ◆ les conséquences budgétaires des politiques d'atténuation peuvent être décomposées selon leur origine (dépenses/recettes directement ou non liées à la transition) et en recourant à **des analyses de sensibilité** (par exemple, au taux de prise en charge de l'effort d'investissement supplémentaire par la puissance publique) ;
- ◆ entièrement auditable et régie par des hypothèses synthétiques et paramétrables (par exemple, concernant l'élasticité-PIB des dépenses non liées à la transition bas-carbone), la méthode d'évaluation de l'OBR répliquée à la France par la mission préfigure **un outil synthétique d'analyse des effets budgétaires** de la transition bas-carbone qui pourrait être mobilisé dans le cadre de la préparation de la SNBC 3.

2.2. Scénarios économiques, recettes et dépenses d'investissement directement liées à la transition bas-carbone

La mission a repris à l'identique la méthodologie de l'OBR à double titre : (i) les chroniques d'écart au PIB de référence sont issues des trois scénarios (« *Early Action* », « *Late Action* », « *No Additional Action* »⁸) du NGFS pour la France⁹, par ailleurs analysés pour mettre en perspective les risques physiques et les risques de transition (cf. annexe III) ; (ii) les élasticités-PIB des recettes et des dépenses non liées à la transition bas-carbone¹⁰ sont les mêmes que celles utilisées par l'OBR dans son *Fiscal Risks Report* de juillet 2021.

L'évolution des dépenses d'investissement directement liées à la décarbonation est issue des données de l'Institut de l'économie pour le climat (I4CE). Le « budget vert », qui s'appuie sur le Panorama des financements climat d'I4CE, évalue entre 11,9 Mds€ et 13,6 Mds€ par an pour 2021-2023 et de 22,7 Mds€ à 28,8 Mds€ pour 2024-2028 le montant des investissements supplémentaires requis. Cette estimation porte sur un champ restreint pour lequel les dépenses sont estimables (hors grand hydraulique et nucléaire notamment)¹¹.

⁸ Traduits respectivement par « Transition ordonnée », « Transition désordonnée et retardée » et « Politiques actuelles ».

⁹ Dans le compte central, le PIB nominal est calé sur celui du pluriannuel du projet de loi de finances pour 2022, prolongé au-delà de 2027 avec une croissance de 3,0 % par an (1,6 % pour le PIB réel). Les recettes et dépenses des administrations publiques sont également calées sur le pluriannuel jusqu'en 2027, puis maintenues constantes en part de PIB. Comme dans la maquette de l'OBR, il est possible d'ignorer le déflateur du PIB du scénario de transition.

¹⁰ Calculées respectivement comme le total des recettes moins les recettes directement liées au climat et le total des dépenses moins les dépenses directement liées à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

¹¹ Source : Rapport sur l'impact environnemental du budget de l'État, Annexe au projet de loi de finances pour 2022, partie II.

Annexe V

Deux scénarios de hausse de l'investissement sont étudiés et proposés dans la maquette élaborée par la mission :

- ◆ dans le scénario dit « I4CE bas », les dépenses supplémentaires retenues sont de 13 Mds€ par an de 2021 à 2023, puis de 25 Mds€ par an¹² ;
- ◆ dans le scénario dit « I4CE haut », la même hausse est appliquée en proportion à l'ensemble du champ, ce qui conduit à des dépenses supplémentaires de 15 Mds€ par an de 2021 à 2023, puis de 32 Mds€ par an.

Ces dépenses supplémentaires concernent les besoins d'investissements au sens large (y compris les biens durables) du secteur public et privé (entreprises et ménages)¹³ ; toutes ne seront pas prises en charge par la collectivité publique.

La dynamique des recettes fiscales découlant de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation d'énergie provient des travaux de la direction de la législation fiscale. À partir des projections de la SNBC 2 et de la programmation pluriannuelle de l'énergie, cette direction a estimé que les recettes assises sur les énergies pouvaient diminuer d'environ 30 % à l'horizon 2033. Cette hypothèse est retenue à titre illustratif dans les simulations ; cette baisse est prolongée au même rythme jusqu'en 2050. En l'absence de changement de son taux, la « composante carbone » a une dynamique identique.

Enfin, la charge d'intérêts sur la dette publique est calculée pour prendre en compte les variations de la dette. Dans sa réplique de la méthodologie de l'OBR, la mission a retenu l'hypothèse d'un taux d'intérêt implicite¹⁴ inchangé par rapport au scénario de référence.

2.3. Résultats obtenus pour la France

En France, à horizon 2050, le scénario simulé met en évidence et quantifie différents facteurs influant sur la dette publique en raison de la mise en œuvre de politiques bas-carbone.

Dans le scénario central simulé par la mission (transition ordonnée, dépenses d'investissement supplémentaires « I4CE haut », prise en charge à hauteur de 25 % des dépenses d'investissements supplémentaires par la puissance publique, élasticité au PIB des autres recettes et dépenses égales à 1 et 0,5 respectivement), la dette publique augmenterait d'environ 15 points de PIB par rapport au scénario de référence. Le choc de dépenses d'investissement directement liées à la transition contribue à la dynamique haussière de la dette publique à hauteur de 4 points de PIB. Comme dans l'évaluation menée au Royaume-Uni, le risque de premier ordre serait la perte de recettes fiscales directement liées aux énergies et combustibles fossiles, de l'ordre de 13 points de PIB (cf. graphique 4).

Le graphique 5 analyse la sensibilité globale de l'évolution de la dette publique au degré de prise en charge des dépenses supplémentaires d'investissement nécessaires à la transition bas-carbone par la puissance publique. Trois hypothèses sont testées en comparaison du cas central (25 %) : une hypothèse « basse » (prise en charge à hauteur de 15 %) et une hypothèse « haute » (prise en charge à hauteur de 40 %). La hausse de la dette publique est ainsi comprise entre 13 et 18 points de PIB.

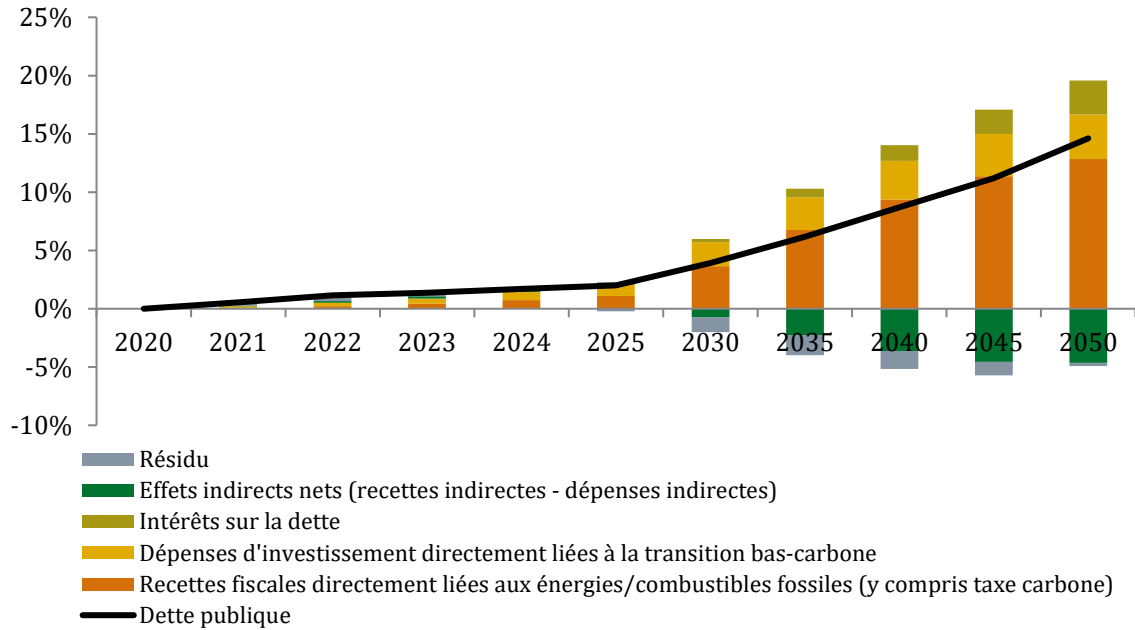
¹² Au-delà de 2028, les dépenses supplémentaires sont maintenues constantes en valeur, comme dans les simulations de l'OBR (sauf dans le scénario de transition retardée).

¹³ Comme les dépenses supplémentaires estimées par I4CE comprennent les achats d'équipements des ménages, l'effort public est supposé inclure les dépenses d'accompagnement, telles que « Ma Prime Rénov' » ou la prime à la conversion. Il n'est donc pas ajouté d'autres dépenses publiques directement liées à la transition.

¹⁴ Le taux d'intérêt implicite dans le scénario de référence est calculé en divisant les charges d'intérêt par la dette de fin d'année précédente.

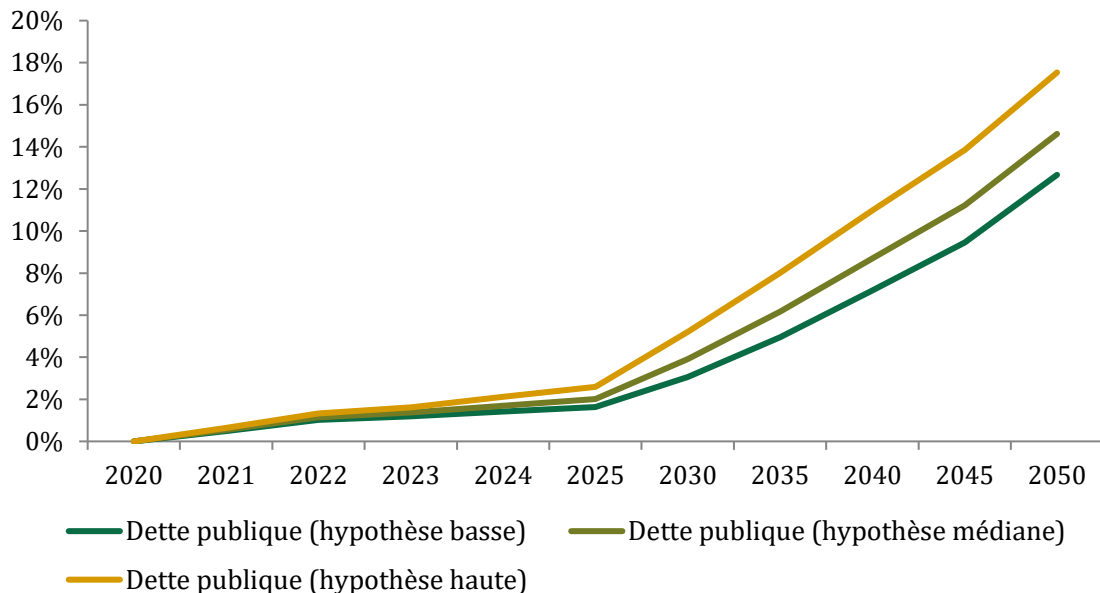
Annexe V

Graphique 4 : Décomposition de l'évolution du ratio de dette publique/PIB dans un scénario de transition bas-carbone ordonnée par rapport à son évolution dans un scénario tendanciel (en France)



Source : Mission, d'après les données du NGFS (chroniques de PIB issues des scénarios de transition en France), de l'Institut de l'économie pour le climat (I4CE, dépenses d'investissement supplémentaires nécessaires pour la transition), de la direction de la législation fiscale (projections de recettes fiscales directement liées aux énergies et combustibles fossiles) et du projet de loi de finances pour 2022.

Graphique 5 : Sensibilité de l'évolution de la dette publique au degré de prise en charge des dépenses supplémentaires d'investissement nécessaires à la transition bas-carbone par la puissance publique



Source : Mission, d'après les données du NGFS (chroniques de PIB issues des scénarios de transition en France), de l'Institut de l'économie pour le climat (I4CE, dépenses d'investissement supplémentaires nécessaires pour la transition), de la direction de la législation fiscale (projections de recettes fiscales directement liées aux énergies et combustibles fossiles) et du projet de loi de finances pour 2022.

ANNEXE VI

**Modèles macroéconomiques utilisés en
France, en Allemagne, au Danemark, au
Royaume-Uni et à la Commission
européenne pour évaluer les politiques de
transition vers la neutralité carbone**

SOMMAIRE

1. MÉTHODOLOGIE DU PARANGONNAGE.....	1
2. PRÉSENTATION DES MODÈLES MACROÉCONOMIQUES UTILISÉS EN FRANCE, EN ALLEMAGNE, AU DANEMARK, AU ROYAUME-UNI ET À LA COMMISSION EUROPÉENNE POUR ÉVALUER LES POLITIQUES DE TRANSITION VERS LA NEUTRALITÉ CARBONE.....	2

1. Méthodologie du parangonnage

Le parangonnage effectué par la mission visait deux objectifs principaux :

- ◆ l'identification des modèles macroéconomiques utilisés par les administrations et institutions observées pour évaluer les impacts des politiques de transition vers la neutralité carbone, la documentation de leurs caractéristiques et de leurs limites, la documentation des conditions de développement et d'utilisation de ces modèles ;
- ◆ la compréhension de la façon dont les évaluations macroéconomiques des politiques de transition sont mobilisées dans la définition des stratégies d'atténuation et dans les processus de pilotage des politiques macroéconomiques et budgétaires.

Le parangonnage ne visait pas la comparaison des organisations et des effectifs des ministères chargés des finances, de l'économie et du climat même si la mission s'est attachée à documenter les modalités organisationnelles mises en place autour des modèles macro-climatiques. Le parangonnage ne visait pas non plus à documenter la gouvernance d'ensemble de la mise en œuvre des politiques d'atténuation ni les outils de planification écologique au sens large.

Trois pays ont été ciblés (l'Allemagne, le Danemark et le Royaume-Uni) ainsi que la Commission européenne. Pour chacun des pays, le parangonnage s'est appuyé sur :

- ◆ un déplacement de deux jours sur place en Allemagne, au Danemark et au Royaume-Uni¹ et d'une journée à la Commission européenne², sur la base d'un questionnaire transmis préalablement et organisé avec l'appui des services économiques régionaux des ambassades de France en Allemagne, au Danemark et au Royaume-Uni. Les interlocuteurs ciblés ont été principalement les équipes au sein des ministères chargés des finances, de l'économie et du climat. La mission a pu rencontrer, en fonction des pays, les équipes de recherche principalement impliquées dans le développement des modèles, les partenaires sociaux ainsi que les organismes indépendants chargés de l'évaluation des politiques de transition et de la soutenabilité des finances publiques ;
- ◆ des réponses écrites de la part des interlocuteurs sollicités et la transmission, le cas échéant, des maquettes de modélisation utilisées ;
- ◆ des entretiens et échanges complémentaires centrés sur la documentation des outils et modèles pouvant être répliqués en France, en particulier avec l'Office for Budget Responsibility britannique (réplication de la maquette d'évaluation des risques pour les finances publiques) ou l'institut RWI en Allemagne (compréhension de la méthode d'évaluation des effets de la décarbonation sur la production potentielle).

La mission s'est également appuyée sur l'expertise des organisations internationales en matière de modélisation et sur leur connaissance des organisations mises en place dans les différents pays pour l'évaluation macroéconomique des politiques d'atténuation (entretiens avec l'organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), avec le Fonds monétaire international (FMI) et la Banque mondiale).

¹ Les 7 et 8 juin 2022 à Berlin, les 15 et 16 juin 2022 à Copenhague, les 27 et 28 juin 2022 à Londres.

² Le 8 juillet 2022.

2. Présentation des modèles macroéconomiques utilisés en France, en Allemagne, au Danemark, au Royaume-Uni et à la Commission européenne pour évaluer les politiques de transition vers la neutralité carbone

Tableau 1 : Modèles utilisés dans l'évaluation des impacts macroéconomiques de la transition au Danemark, en France, au Royaume-Uni et par la Commission européenne

Modèle macroéconométrique				
Institutions ou administrations ³	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
Ministère chargé de l'économie et des finances (Royaume-Uni)	NiGEM	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Couverture mondiale, modèles pays reliés entre eux (29 pays et 3 régions Europe, 6 pays et 1 région Amérique, 11 pays et 1 région Asie et Australie, 2 pays et 2 régions Afrique et Moyen-Orient) ▪ Extension climat 	Non disponible (N.D.) ⁴	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modèle maintenu par le National Institute of Economic and Social Research (NIESR), organisme de recherche indépendant britannique ▪ Modélisations faites en interne⁵
Banque de France (France)				

³ Institution ou administration à l'origine des études reposant sur le modèle décrit sans nécessairement en assurer l'exploitation.

⁴ Le modèle NiGEM est utilisé pour les prévisions de court terme des variables macroéconomiques et en point d'entrée pour les analyses relatives aux finances publiques. La liste des analyses conduites de façon spécifique sur le champ des politiques de transition avec l'extension climat n'a pas été communiquée. Source : Ministère chargé de l'économie et des finances, Royaume-Uni.

⁵ Plus de dix modélisateurs utilisent le modèle au sein du ministère chargé de l'économie et des finances britannique. NiGEM est un outil courant au sein du ministère au-delà des questions relatives au climat. Source : Ministère chargé de l'économie et des finances, Royaume-Uni.

Annexe VI

Modèle macroéconométrique				
Institutions ou administrations	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
Direction générale action climatique (Commission européenne)	E3 ME	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modèle mondial (71 zones géographiques, résultats disponibles par pays pour les plus grandes économies) ▪ 44 secteurs ▪ 12 types d'énergie 	<p>Étude d'impact « <i>Fit for 55</i> »⁶</p> <p>Étude d'impact du sixième budget carbone⁷</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modèle développé par l'équipe de Cambridge Econometrics ▪ Modélisations réalisées par Cambridge Econometrics
Climate Change Committee (Royaume-Uni)				
France Stratégie (France)	NEMESIS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Couverture géographique du modèle étendue à l'UE-27⁸ ▪ Représentation du système énergétique, des émissions de gaz à effet de serre et le fonctionnement du système d'échange de quotas d'émission ▪ Module optionnel d'occupation des sols ▪ Modélisation détaillée du secteur énergétique ▪ Progrès technique endogène 	<p>Prospective des métiers et des qualifications</p> <p>Analyse des risques de transition pour la France en relation avec les scénarios de référence NGFS</p> <p>Modélisation de scénarios prospectifs énergie-climat pour l'Union européenne à l'horizon 2050</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement du modèle et modélisations par l'entreprise de modélisation économique SEURECO
Agence de la transition écologique (ADEME, France)				
Direction générale de l'énergie et du climat (France)				

⁶ Étude d'impact accompagnant la communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions relative au rehaussement des objectifs climatiques pour 2030, 17 septembre 2020 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=SWD:2020:176:FIN>).

⁷ Impact économique du sixième budget carbone, Cambridge Econometrics, 9 décembre 2020 (Economic impact of the Sixth Carbon Budget (Cambridge Econometrics) - Climate Change Committee (theccc.org.uk)).

⁸ À partir de la troisième version en 2007. Source : SEURECO.

Annexe VI

Modèle d'équilibre général calculable				
Institutions ou administrations	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
Ministère chargé de l'économie et des finances (Royaume-Uni)	CGE BOX	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 75 secteurs ▪ Description détaillée des secteurs de l'énergie et de l'électricité ▪ Royaume-Uni et reste du monde (en blocs) ▪ Sorties relatives à la production, aux prix, aux émissions, aux imports et exports disponibles par secteurs 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyse des réallocations sectorielles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modèle développé et maintenu par l'université de Bonn⁹ ▪ Ajustements en interne par le ministère ▪ Modélisations faites en interne (trois modélisateurs)
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modèle multi-secteurs (57 secteurs) ▪ Modèle multi-pays (utilise la base de données mondiale GTAP avec 140 pays) ▪ Pas de déséquilibres sur les marchés (pas de chômage) ▪ Pas de modélisation des finances publiques, ni de l'endettement 	<p>N.D.¹⁰</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modèle et interface CGE BOX développés par l'université de Bonn, constitués de différents modules, notamment le modèle GTAP développé par l'université de Purdue et la base de données macroéconomique mondiale GTAP produite par cette même université ▪ Prise en main en cours afin de réaliser les modélisations en interne (1 chargé d'étude et 1 stagiaire)¹¹
Commissariat général au développement durable (France)				

⁹ Liens vers les modèles utilisés : GTAP Model: GTAP Models: Current GTAP Model (purdue.edu); GTAP-E: GTAP Resources: Resource Display: GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTA... (purdue.edu) ; GTAP-Power: GTAP Resources: Resource Display: The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the Elect... (purdue.edu) ; CGE BOX: https://www.ilsr.uni-bonn.de/em/rsrch/cgebox/cgebox_GUI.pdf. Source : Ministère chargé de l'économie et des finances, Royaume-Uni.

¹⁰ L'exploration du modèle a été lancée en 2022. L'objectif est de pouvoir mener des évaluations des effets macroéconomiques et environnementaux de politiques publiques (taxe carbone sur différents secteurs) ou de chocs exogènes (prix du pétrole), de prendre en compte des effets compétitivité, solde extérieur et des fuites de carbone dans le reste du monde. Source : Commissariat général au développement durable (CGDD).

¹¹ Source : CGDD.

Annexe VI

Modèle d'équilibre général calculable				
Institutions ou administrations	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
Direction générale de l'action climatique (Commission européenne)	GEM E3	<ul style="list-style-type: none"> Présente individuellement les 27 États membres de l'Union européenne ainsi que les pays de l'OCDE et du Groupe des vingt (G20) Agrégation sectorielle couvrant 30 à 35 secteurs Représentation détaillée du secteur de l'électricité 	<ul style="list-style-type: none"> Évaluation du <i>Green Deal</i> européen Étude d'impact « <i>Fit for 55</i> »¹² 	<ul style="list-style-type: none"> Deux versions du modèle : une version maintenue par le Joint Research Centre de la Commission européenne et une version maintenue par la société E3-Modelling Modélisations réalisées par le Joint Research Centre ou par certaines équipes de la direction générale de l'action climatique (DG CLIMA)¹³
Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)	ENV-Linkages ¹⁴	<ul style="list-style-type: none"> Modèle global, jusqu'à 26 régions mondiales 22 secteurs 7 technologies de production de l'électricité¹⁵ Modèle récursif dynamique 	<ul style="list-style-type: none"> Projection de différents scénarios de politiques environnementales, y compris sur la transition bas-carbone Quantification des différents canaux de transmission dans le cas d'un scénario de zéro émission nette de CO₂ à l'horizon 2050 Évaluation des impacts sur l'emploi de la transition zéro émission nette, par niveau de qualification 	<ul style="list-style-type: none"> Développement et modélisations en interne

¹² Étude d'impact accompagnant la communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions relative au renforcement des objectifs climatiques pour 2030, 17 septembre 2020 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=SWD:2020:176:FIN>).

¹³ Source : Direction générale de l'action climatique, Commission européenne (DG CLIMA).

¹⁴ En complément de ce modèle, le département d'économie de l'OCDE fait évoluer le *Long Term Model* (LTM) afin d'intégrer l'impact de la transition énergétique dans les projections économiques à long terme. Le LTM est l'outil utilisé dans les études économiques de l'OCDE pour évaluer les perspectives à long terme d'un pays selon différents scénarios politiques et les impacts budgétaires des changements de politique (en tenant compte de leurs impacts sur la croissance). Source : OCDE.

¹⁵ Une vue d'ensemble du modèle de l'OCDE ENV-Linkages : Version 3, Jean Château, Rob Dellink, Elisa Lanzi, 11 juin 2014 (5jz2qck2b2vd-en.pdf (oecd-ilibrary.org)).

Annexe VI

Modèle d'équilibre général calculable				
Institutions ou administrations	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
ADEME (France)	Threeme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modèle France ▪ 24 secteurs de production ▪ Détail pour l'énergie (17 sous-secteurs) et les transports (5 sous-secteurs) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évaluation de la stratégie nationale bas-carbone¹⁶ ▪ Évaluation de quatre scénarios prospectifs¹⁷ ▪ Évaluation de la programmation pluriannuelle de l'énergie ▪ Contribution à l'exercice-pilote de <i>stress test</i> climatique français¹⁸ ▪ Simulation de la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone dans le cadre de la commission Quinet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement par l'Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE, près de 5 ETP permanents) dans le cadre de conventions annuelles avec l'ADEME ▪ Modélisations en interne (2 modélisateurs)¹⁹
Ministère chargé de l'économie et des finances (France)			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyse de l'évaluation de la stratégie nationale bas-carbone 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement par l'OFCE (près de 5 ETP permanents) ▪ Modélisations en interne (1,15 ETP de modélisateurs)²⁰
Commissariat général au développement durable (France)			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évaluation de la stratégie nationale bas-carbone (SNBC)²¹ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement par l'OFCE (près de 5 ETP permanents) ▪ Modélisations en interne

¹⁶ Rapport d'accompagnement de la SNBC 2, mars 2020.

¹⁷ Transition(s) 2050, les effets macroéconomiques, mars 2022.

¹⁸ Analyse par l'ADEME de l'exercice-pilote de *stress test* climatique français, août 2021.

¹⁹ Source : ADEME.

²⁰ Source : Direction générale du Trésor.

²¹ Ministère de la Transition écologique, « *Évaluation macroéconomique de la SNBC 2 avec le modèle Threeme* », février 2022.

Annexe VI

Modèle d'équilibre général calculable				
Institutions ou administrations	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
Haut conseil pour le climat (France)			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calcul de l'empreinte carbone pour la France ▪ Simulation du plan de relance dans la transition énergétique²² 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement par l'OFCE ▪ Modélisations par l'ADEME et l'OFCE
Conseil des prélèvements obligatoires			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rapport sur la fiscalité environnementale²³ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement par l'OFCE ▪ Modélisations par l'ADEME
Fédération nationale des travaux publics			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Désagrégation du secteur des travaux publics et simulation de scénarios d'infrastructures compatibles avec la SNBC ▪ Impacts économiques d'un mécanisme d'ajustement aux frontières sur les secteurs en France 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement et modélisation par l'OFCE

²² « Les effets macroéconomiques d'une relance dans la transition énergétique », mai 2020.

²³ « La fiscalité environnementale au défi de l'urgence climatique », septembre 2019.

Annexe VI

Modèle d'équilibre général calculable				
Institutions ou administrations	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
ADEME (France)	IMACLIM France ²⁴	<ul style="list-style-type: none"> Modèle en économie ouverte, statique comparative, substitutions entre capital et énergie pour les secteurs de transition énergétique fondées sur des modélisations technico-économiques sectorielles (IMACLIM-S France) Modèle en économie ouverte, dynamique récuratif hybride avec modules sectoriels endogènes intégrés (IMACLIM-R France) 	<ul style="list-style-type: none"> Évaluation de la stratégie nationale bas-carbone²⁵ Étude sur les incertitudes macroéconomiques des stratégies bas-carbone Modélisation des scénarios utilisés dans le cadre des <i>stress test</i> par le réseau des banques centrales (NGFS) Développement de scénarios de cadrage des incertitudes sur le développement des marchés de transition à l'échelle mondiale²⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> Développement et modélisation par le CIREC
France Stratégie (France)			<ul style="list-style-type: none"> Valeur de l'action pour le climat²⁷ 	

²⁴ Il existe également un modèle IMACLIM-R monde et des modèles pays statiques ou dynamiques récuratifs, avec des spécifications macroéconomiques variables et adaptées à chaque contexte et horizon de projection. Source : CIREC.

²⁵ Rapport d'accompagnement de la SNBC 2, mars 2020.

²⁶ Pour cette étude, le modèle IMACLIM-R Monde est utilisé. Source : CIREC.

²⁷ « La valeur de l'action pour le climat », Rapport de la commission Quinet, 2019.

Annexe VI

Modèle d'équilibre général calculable				
Institutions ou administrations	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
Ministère chargé de l'économie et des finances (Danemark)	GreenREFORM	<ul style="list-style-type: none"> Détail sectoriel Centré sur l'économie danoise 	<ul style="list-style-type: none"> Effets macroéconomiques de l'introduction d'une taxe carbone uniforme Effets macroéconomiques du marché d'émissions européen sur l'économie danoise 	<ul style="list-style-type: none"> Développement par le groupe DREAM (Danish Research Institute for Economic Analysis and Modelling)
Commissariat général au développement durable (France)	Vulcain	<ul style="list-style-type: none"> Modèle macroéconomique stylisé 3 régions (France, reste de l'Union européenne et reste du monde) 4 biens distingués selon leur contenu en carbone et selon leur exposition au commerce international 1 secteur extractif par produit fossile et 1 secteur électrique Modèle dynamique avec trajectoires jusqu'en 2100 	<ul style="list-style-type: none"> Évaluation de l'impact d'une augmentation du prix des énergies (soit par taxation, soit par raréfaction des ressources) Évaluation de réformes stylisées du système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne (extension aux secteurs actuellement non concernés, abaissement du plafond d'émissions, mise en place d'un ajustement carbone aux frontières) Calcul de l'empreinte carbone de la France dans différents scénarios prospectifs (contenu carbone endogène dans chaque région du monde) 	<ul style="list-style-type: none"> Développement et modélisations en interne (1 chef de bureau et 1 chargé d'études)²⁸

²⁸ Source : CGDD.

Annexe VI

Modèle d'équilibre général dynamique et stochastique				
Institutions ou administrations	Nom du modèle	Principales caractéristiques	Principales analyses conduites grâce au modèle	Équipe de modélisation
Commission européenne	E-QUEST	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 régions (Union européenne et reste du monde) ▪ Taux d'intérêts endogènes ▪ 7 secteurs (détails sur l'énergie)²⁹ ▪ Endettement public modélisé au niveau européen 	Étude d'impact « <i>Fit for 55</i> » ³⁰	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interne (direction générale des affaires économiques et financières, DG ECFIN, B.3, département QUEST, 2 modélisateurs)³¹

Source : Benchmark réalisé par la mission.

²⁹ La version d'origine du modèle (QUEST) contient deux secteurs, le secteur non marchand et le secteur marchand. Source : Direction générale des affaires économiques et financières, Commission européenne.

³⁰ E-QUEST est adapté pour faire des projections macroéconomiques associées à des scénarios mais pas pour faire des prévisions. Source : Direction générale des affaires économiques et financières, Commission européenne.

³¹ Source : Direction générale des affaires économiques et financières, Commission européenne.

ANNEXE VII

Glossaire des sigles et acronymes

Annexe VII

Sigle/acronyme	Signification
ADEME	Agence de la transition écologique
AFD	Agence française de développement
AME	À mesures existantes
AMS	À mesures supplémentaires
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CGDD	Commissariat général au développement durable
CIREN	Centre international de recherche sur l'environnement et le développement
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
DREAM	Institut danois de recherche pour l'analyse et la modélisation économique
DSGE	Dynamic stochastic general equilibrium
ECFIN	Direction générale des affaires économiques et financières de la Commission européenne
ETP	Équivalent temps plein
FMI	Fonds monétaire international
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
I4CE	Institut de l'économie pour le climat
IAM	Integrated assessment model
IGF	Inspection générale des finances
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
LPFP	Loi de programmation des finances publiques
MEGC	Modèle d'équilibre général calculable
NGFS	Network for Greening the Financial System
NiGEM	National Institute of Economic and Social Research
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
OFCE	Observatoire français des conjonctures économiques
PIB	Produit intérieur brut
PPE	Programmation pluriannuelle de l'énergie
SGPE	Secrétariat général à la planification écologique
SNBC	Stratégie nationale bas-carbone