RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

RAPPORT

MAI
2023

LES INCIDENCES ÉCONOMIQUES DE L'ACTION POUR LE CLIMAT

Jean Pisani-Ferry
et Selma Mahfouz

LES INCIDENCES ÉCONOMIQUES DE L'ACTION POUR LE CLIMAT

Rapport à la Première ministre

Jean Pisani-Ferry

Rapporteure

Selma Mahfouz

IGF
INSPECTION GÉNÉRALE DES FINANCES

FRANCE STRATÉGIE

MAI 2023

PRÉFACE

L'atteinte des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre est au cœur des politiques d'action pour le climat. Celles-ci vont jouer un rôle structurant pour de nombreuses politiques publiques, et ne seront soutenables que si l'ensemble de leurs implications économiques et sociales sont correctement prises en compte. C'est dire l'importance de disposer d'outils solides d'analyse et de simulations de leurs incidences économiques. C'est l'objet de ce rapport que de présenter de tels outils, ainsi que les simulations qu'ils permettent d'effectuer.

Ce rapport est le fruit d'un projet collectif de grande ampleur. Jean Pisani-Ferry a publié un article important à l'été 2021[1] mettant en avant l'importance du choc macroéconomique que les politiques d'action pour le climat pouvaient engendrer. France Stratégie a alors pris l'initiative de rassembler les principaux acteurs institutionnels impliqués dans la production et l'utilisation des outils d'analyse susceptibles d'apporter des éléments de réponse aux questions que posait cette publication. Tous les acteurs sollicités par France Stratégie ont accepté de participer à l'exercice. En septembre 2022, la Première ministre a adressé une lettre de mission à Jean Pisani-Ferry définissant les attentes qu'elle avait vis-à-vis de ce projet, ainsi qu'un calendrier de réalisation, et confiant le secrétariat du projet à France Stratégie, permettant ainsi au projet d'avoir une base forte et des objectifs bien définis. Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz, rapporteure générale, ont animé un ensemble de travaux qui se traduisent aujourd'hui par la publication de onze rapports thématiques et d'un rapport de synthèse appuyé par des simulations. Nous adressons nos remerciements chaleureux aux très nombreux contributeurs qui ont permis la réalisation, dans des délais très serrés, d'un projet qui, à notre connaissance, n'a guère d'équivalent.

Pour France Stratégie, c'est une étape majeure dans la construction d'un corpus de référence permettant d'analyser les politiques de décarbonation et d'estimer leurs effets. Il comprend en particulier la définition de la valeur de l'action pour le climat (Alain Quinet,

[1] Pisani-Ferry J. (2021), « Climate policy is macroeconomic policy, and the implications will be significant », Peterson Institute for International Economics, *Policy brief*, n° 21-20, août.

2019) qui sert de référence pour les investissements publics, le chapitre consacré au climat dans le rapport « les grands défis économiques » de la commission internationale pilotée par Olivier Blanchard et Jean Tirole (2021), et l'ensemble des publications pilotées par Patrick Criqui sur les coûts d'abattement du carbone dans les principaux secteurs émetteurs[1].

Nous poursuivons ainsi la mission qui est la nôtre d'éclairer l'action des pouvoirs publics pour les choix qu'ils ont à faire, en nous appuyant sur la base la plus large d'expertise, et en portant à la connaissance du public l'ensemble des conclusions de ces travaux.

Gilles de Margerie,
commissaire général de France Stratégie

[1] Quinet A. (2019), *La valeur de l'action pour le climat*, février ; Blanchard O. et Tirole J. (2021), *Les grands défis économiques*, juin ; pour Patrick Criqui, voir les travaux de la commission sur les coûts d'abattement sur le site France Stratégie.

AVANT-PROPOS

Dans la lettre de mission qu'elle m'a adressée le 12 septembre 2022, la Première ministre m'a demandé de m'attacher à améliorer la compréhension des impacts macroéconomiques de la transition climatique, afin « que les décisions qui devront être prises soient le mieux informées possible »[1].

L'objet de la mission pouvait paraître singulier. Depuis l'émergence de la question climatique au début des années 1990, de multiples travaux ont été consacrés à ses incidences économiques. Le Giec (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat), les organisations multilatérales, les gouvernements, les équipes de modélisation spécialisées, la recherche universitaire se sont saisis du sujet et ont produit nombre d'études de qualité.

Trop longtemps cependant, l'enjeu climatique a été traité dans une perspective de long terme. C'était une question de premier rang, mais une question pour après-demain. Dans leurs réflexions concrètes sur la croissance, l'emploi, l'inflation ou les finances publiques, les macroéconomistes, qui ne sont en général pas spécialistes du climat, pouvaient l'ignorer – et ils l'ont de fait largement ignorée. Et avec eux, la plupart de ceux dont la responsabilité est de prendre des décisions économiques pour les années à venir.

La prise de conscience des enjeux économiques immédiats de la transition climatique est récente. Trois événements ont précipité un changement de perspective. Le premier a été, fin 2015, l'Accord de Paris, qui a fixé un cadre et une ambition. Le deuxième a été, en 2019, l'accord européen pour viser une économie neutre en carbone en 2050, et pour réduire dès 2030 les émissions de gaz à effet de serre de 55 %, par rapport à l'année de référence 1990. Cette accélération soudaine a fait entrer la question climatique dans l'horizon des macroéconomistes. Le troisième événement a été la promulgation, à l'été 2022, de l'Inflation Reduction Act américain. L'adoption par les États-Unis d'une stratégie climatique différente de celle de l'Union européenne a brutalement mis sur le devant de la scène les enjeux de compétitivité et d'attractivité.

[1] La lettre de mission figure en annexe 1.

En France, le virage est également récent. Dans un premier temps, après l'élection de 2017, le gouvernement a misé sur la fiscalité carbone, avant de devoir reculer face à la levée de boucliers suscitée par cette approche. Dans un deuxième temps, une série de décisions concrètes ont été prises sur recommandation de la Convention citoyenne pour le climat, mais sans s'assurer de ce que la somme de ces décisions permette bien d'atteindre l'objectif fixé. Ce n'est qu'après l'élection de 2022 qu'a été choisie une méthode, celle de la planification écologique, et qu'ont commencé d'être mis en place les instruments correspondants. La création du Secrétariat général à la planification écologique résulte d'une volonté de cohérence entre objectifs et mesures que devrait consacrer la prochaine Loi de programmation énergie-climat.

C'est dans ce contexte transformé que s'est inscrit le travail de la mission. Dès le lancement des travaux sous l'égide de France Stratégie, j'ai pu mesurer le niveau d'engagement des administrations, des instituts économiques et du monde de la recherche. C'est sur cette base qu'a été préparée la note d'étape de novembre dernier[1], c'est sur cette base qu'ont été élaborés ce rapport de synthèse et la dizaine de rapports thématiques sur lesquels il prend appui[2], auxquels ont participé une centaine d'experts. Nous avons partagé les questions, les interrogations de méthode, les résultats, et si les recommandations auxquelles aboutit la mission ne les engagent pas, toutes ont fait l'objet de discussions. Je tiens à les remercier toutes et tous et à exprimer ma gratitude aux administrations et institutions qui se sont associées à cette entreprise.

Le travail a également été étroitement coordonné avec le Secrétariat général à la planification écologique et il s'inscrit en cohérence avec les travaux en cours pour la préparation de la nouvelle version de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC 3) et du projet de Loi de programmation énergie-climat par le ministère de la Transition écologique. Bien entendu, les évaluations et recommandations de ce rapport n'engagent que la mission, mais nous avons travaillé de part et d'autre en information complète et dans un climat de confiance mutuelle.

L'un des objectifs de cette mission était d'identifier les forces et les faiblesses des outils de modélisation sur lesquels s'appuie l'évaluation des incidences macroéconomiques des mesures d'atténuation. L'implication des équipes de l'Ademe et du Cired, avec l'appui de l'OFCE, de la DG Trésor et du CGDD (Commissariat général au développement durable), a permis « d'ouvrir le capot » et de progresser ensemble dans la compréhension des

[1] Pisani-Ferry J. et Mahfouz S. (2022), « L'action climatique : un enjeu macroéconomique », *La Note d'analyse*, n° 114, France Stratégie, novembre.

[2] Les onze rapports thématiques sont disponibles sur le site de France Stratégie : *Bien-être, Compétitivité Dommages et adaptation, Indicateurs et données, Enjeux distributifs*, *Inflation, Marché du capital, Marché du travail, Modélisation, Productivité et Sobriété*. Voir la liste des auteurs en annexe 2.

mécanismes économiques en jeu. Cette démarche a été longue et astreignante, mais j'ai la conviction qu'elle a été utile et qu'elle est porteuse de progrès à vernir.

Je dois des remerciements particuliers aux équipes de France Stratégie qui ont accompagné cette mission et tout spécialement à son Commissaire général, Gilles de Margerie, qui a pris le risque de me solliciter pour cette mission sans savoir si je pourrais la mener à bien dans les délais prescrits.

Enfin Selma Mahfouz cosigne ce rapport comme elle avait cosigné la note « L'action climatique : un enjeu macroéconomique » publiée en novembre 2022. C'est la reconnaissance du rôle éminent qui a été le sien à chacune des étapes de la préparation de ce rapport.

Le présent rapport couvre un champ nettement plus large que la note d'étape : il traite par exemple des sujets d'action collective internationale, de compétitivité, d'inflation, de partage de l'effort, de finances publiques, qui n'étaient alors évoqués que cursivement. Il s'organise en deux parties : la première traite de la transition dans une perspective internationale et à un horizon de long terme ; la deuxième, moins conceptuelle et plus concrète, porte sur l'horizon 2030 et elle est centrée sur la France, dans le contexte aujourd'hui déterminé par l'environnement européen.

Jean Pisani-Ferry

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier tous les organismes qui ont contribué à ce rapport : Ademe, Banque de France, Bruegel, CEPII, Commissariat général au développement durable, Cired, Dares, Direction du Budget, Direction générale des entreprises, Direction générale de l'énergie et du climat, Direction générale des entreprises, Direction générale du Trésor, France Stratégie, I4CE, Insee, OFCE, RTE, Secrétariat général à la planification écologique.

Et en particulier Cédric Audenis, Louis Boillot, Léa Boudet, Isabelle Cabanne, Nicolas Carnot, Antoine Deruennes, Gaël Callonec, Benoît Campagne, Alma Monserand, Xavier Ragot, ainsi que tous les coordinateurs des groupes de travail thématiques : Didier Blanchet, Nicolas Carnot, Stéphane Dees, Anne Epaulard, Lionel Fontagné, Pierre-Louis Girard, Carole Hentzgen, Vincent Marcus, Michaël Orand, Aude Pommeret, Nicolas Riedinger, Xavier Timbeau, et Jérôme Trinh et l'équipe mobilisée tout au long de ce projet : Anne Épaulard, Maxime Gérardin, Miquel Oliu-Barton, Aude Pommeret, Nicolas Riedinger, Alice Robinet, Romain Schweizer, Athiana Tettaravou et Mathilde Viennot.

Un remerciement tout particulier à Boris Le Hir, qui a porté ce projet dans sa première phase, et à Benoît Cœuré, Damien Demailly, Thierry Pech, Luiz Pereira da Silva et Clara Pisani-Ferry pour leurs relectures attentives.

Et un très grand merci à Olivier de Broca et Gladys Caré, du pôle éditorial, pour leur appui sans faille pour la confection de ce rapport, ainsi que des onze rapports thématiques.

TABLE DES MATIÈRES

Synthèse **13**

PREMIÈRE PARTIE
L'URGENCE D'UNE ACTION D'ENVERGURE 17

Chapitre 1 – À long terme, au niveau mondial, le coût économique de l'inaction excède de loin celui de l'action **19**

1. La bonne mesure du coût et des bénéfices de l'effort 19
2. Au niveau mondial, une incitation non ambiguë à agir de manière urgente 20
3. Au niveau national, il est utile de conserver une référence à un compte central sans action ni dommages 23

Chapitre 2 – L'Accord de Paris reste le meilleur cadre disponible pour répondre au problème d'action collective **25**

1. La nature du problème 25
2. La longue quête d'une réponse collective 26
3. L'hétérogénéité des politiques climatiques est appelée à perdurer 29

Chapitre 3 – L'Union européenne s'est portée aux avant-postes de l'action climatique **31**

1. Deux stratégies possibles 31
2. La crise gazière a conduit à accélérer le mouvement 32
3. Un retard préoccupant dans les industries vertes 35

Chapitre 4 – Une mutation d'ampleur comparable à une révolution industrielle, mais plus rapide et orientée par les choix publics **37**

1. Les changements de système énergétique induisent des révolutions industrielles 37
2. Trois mécanismes pour une transformation 39

3. Ces trois mécanismes joueront un rôle variable selon l'horizon et le périmètre géographique considérés 43

Chapitre 5 – Transition climatique et croissance économique : une question d'horizon 45

1. Soutenabilité climatique et croissance économique : un débat faussé 45
2. Neutralité carbone et croissance économique : que peut-on attendre ? 47
3. Transition climatique et bien-être 48

DEUXIÈME PARTIE
LA DÉCENNIE DE TOUTES LES DIFFICULTÉS 53

Chapitre 6 – Faire en dix ans ce qu'on a peiné à faire en trente 55

1. Un rythme très soutenu de baisse des émissions 55
2. Tous les secteurs devront prendre part à l'effort 59
3. D'ici 2030, la réduction des émissions proviendra d'abord de la substitution de capital aux énergies fossiles 67

Chapitre 7 – Un effort d'investissement important est nécessaire 69

1. Le supplément d'investissement pourrait dépasser deux points de PIB par an en 2030 69
2. Un inventaire sectoriel des investissements requis 71
3. Comment et quand : la stratégie de réduction des émissions 78

Chapitre 8 – Un impact macroéconomique incertain 85

1. L'investissement n'accroîtra pas nécessairement la production potentielle 85
2. Les effets macroéconomiques des politiques de réduction des émissions sont difficiles à appréhender 88
3. Une méthode pour évaluer les incidences économiques de la transition 99

Chapitre 9 – Un impératif d'équité 101

1. Une transformation spontanément inégalitaire 101
2. À même niveau de revenu, une forte hétérogénéité entre ménages 104
3. Les conditions d'une transition juste 106

Chapitre 10 – Le passage à une économie climatiquement neutre aura une forte incidence sur les finances publiques 111

1. Les données du problème 111
2. Il ne faut pas exclure un financement par l'endettement 115
3. Un accroissement temporaire des prélèvements obligatoires sera probablement nécessaire 119

Chapitre 11 – À l'horizon 2030, la transition climatique crée un risque significatif de configuration inflationniste 123

1. De la « grande modération » à la « grande volatilité » ? 123
2. Des pressions inflationnistes d'origine interne 126
3. Les enjeux pour la politique monétaire 128

Chapitre 12 – L'Europe se dote d'instruments pour traiter son problème de compétitivité, mais ceux-ci risquent d'être insuffisants pour y porter remède 131

1. Le handicap d'un prix de l'énergie élevé 131
2. Fuites de carbone, hétérogénéité des stratégies : des réponses mal assurées 133
3. L'Europe à la croisée des chemins 139

ANNEXES 143

Annexe 1 – Lettre de mission 145

Annexe 2 – Les rapports thématiques 147

SYNTHÈSE

Ce rapport, préparé à la demande de la Première ministre, vise à améliorer la compréhension des impacts macroéconomiques de la transition climatique, en sorte que les décisions qui vont devoir être prises soient « le mieux informées possible ».

Grâce à la mobilisation d'une centaine d'experts des administrations, des instituts économiques et du monde de la recherche, dans le contexte nouveau qui résulte de la création du Secrétariat général à la planification écologique et alors que les prochaines Loi de programmation énergie-climat et Stratégie nationale bas carbone (SNBC 3) sont en cours de préparation, les questions abordées dans la note d'étape de novembre dernier[1] ont pu être approfondies, et des questions nouvelles ont pu être abordées. Une dizaine de rapports thématiques, préparés dans le cadre de cette mission et rédigés sous la responsabilité de leurs auteurs, sont publiés en même temps que ce rapport de synthèse[2]. Les analyses et les recommandations qui suivent prennent appui sur ces contributions[3].

Les principaux messages sont les suivants :

1. La neutralité climatique est atteignable. Y parvenir suppose une grande transformation, d'ampleur comparable aux révolutions industrielles du passé. Mais au regard de celles-ci cette transformation sera globale, plus rapide, et elle sera pilotée d'abord par les politiques publiques et non par les innovations technologiques et les marchés.

2. Cette transformation repose sur trois mécanismes économiques :

   a. la réorientation du progrès technique vers des technologies vertes,

[1] Pisani-Ferry J. et Mahfouz S. (2022), « L'action climatique : un enjeu macroéconomique », *La Note d'analyse*, n° 114, France Stratégie, novembre.

[2] Les onze rapports thématiques sont disponibles sur le site de France Stratégie : *Bien-être, Compétitivité Dommages et adaptation, Indicateurs et données, Enjeux distributifs*, *Inflation, Marché du capital, Marché du travail, Modélisation, Productivité et Sobriété*. Voir l'annexe 2.

[3] Les conclusions et recommandations de ce rapport n'engagent cependant que ses signataires.

b. la sobriété (définie comme la réduction des consommations d'énergie qui ne découle pas de gains d'efficacité énergétique),

c. et la substitution de capital aux énergies fossiles.

3. Nous ne sommes pas durablement condamnés à choisir entre croissance et climat. À long terme, la réorientation du progrès technique peut conduire à une croissance verte plus forte que ne l'était ou que ne l'aurait été la croissance brune. La chute du coût des énergies renouvelables est l'indice qu'une nouvelle croissance est possible.

4. Pour atteindre nos objectifs pour 2030 et viser ainsi la neutralité en 2050, il va nous falloir faire en dix ans ce que nous avons eu de la peine à faire en trente ans. L'accélération est brutale, tous les secteurs vont devoir y prendre leur part. Pour se contraindre à tenir leurs engagements, l'Union européenne et la France devraient s'imposer le respect de budgets carbone, pas seulement de cibles en 2030 et 2050.

5. À l'horizon 2030, la transformation reposera principalement sur la substitution de capital aux énergies fossiles : la sobriété contribuera à la réduction des émissions, mais pour 15 % environ, en tout cas pour moins de 20 %. Sobriété n'est pas nécessairement synonyme de décroissance et peut de plus être source de bien-être.

6. Dans les dix ans à venir, la décarbonation va appeler un supplément d'investissements d'ampleur (plus de deux points de PIB en 2030, par rapport à un scénario sans action climatique). Malgré des progrès récents, nous ne sommes pas encore sur la trajectoire de la neutralité climatique.

7. D'ici 2030, le financement de ces investissements, qui n'augmentent pas le potentiel de croissance, va probablement induire un coût économique et social. Bien entendu, le supplément d'investissement aura, via la demande, un effet positif sur la croissance. Mais parce qu'il sera orienté vers l'économie de combustibles fossiles plutôt que vers l'efficacité ou l'extension des capacités de production, la transition se paiera temporairement d'un ralentissement de la productivité de l'ordre d'un quart de point par an et elle impliquera des réallocations sur le marché du travail.

8. Plus largement, la transition induira un coût en bien-être que les indicateurs usuels (PIB) mesurent mal. Les réglementations ne sont pas plus indolores que la tarification du carbone.

9. La compréhension des effets de la transition nécessite d'articuler différents niveaux d'analyse : technique, microéconomique au niveau des sous-secteurs concernés, local parfois, macroéconomique pour comprendre les enchaînements d'ensemble, internationale compte tenu des enjeux de compétitivité et de coordination. Il faut continuer à investir dans l'amélioration des outils utilisés pour apprécier les incidences économiques de l'action climatique dans toutes ces dimensions.

10. La transition est spontanément inégalitaire. Même pour les classes moyennes, rénovation du logement et changement du vecteur de chauffage d'une part, acquisition d'un véhicule électrique en lieu et place d'un véhicule thermique d'autre part, appellent un investissement de l'ordre d'une année de revenu. Même si l'investissement est rentable, par les économies d'énergie qu'il permet, il n'est pas nécessairement finançable sans soutien public. Le coût économique de la transition ne sera politiquement et socialement accepté que s'il est équitablement réparti.

11. Pour soutenir les ménages et les entreprises, les finances publiques vont être appelées à contribuer substantiellement à l'effort. Compte tenu des dépenses nouvelles comme de la baisse temporaire des recettes liée au ralentissement de la croissance potentielle, le risque sur la dette publique est de l'ordre de 10 points de PIB en 2030, 15 points en 2035, 25 points en 2040, même s'il est supposé que la baisse des recettes assises sur l'énergie est compensée afin de maintenir le taux de prélèvements obligatoires constant.

12. Il ne sert à rien de retarder les efforts au nom de la maîtrise de la dette publique. Sauf à parier sur la technologie, ce ne pourrait qu'accroître le coût pour les finances publiques et l'effort nécessaire les années suivantes pour atteindre nos objectifs climatiques. L'endettement public n'est pas le premier instrument de financement de la transition. Contraindre à l'excès la possibilité d'y avoir recours risque cependant de compliquer encore la tâche des décideurs publics.

13. Pour financer la transition, au-delà du redéploiement nécessaire des dépenses, notamment des dépenses budgétaires ou fiscales brunes, et en complément de l'endettement, un accroissement des prélèvements obligatoires sera probablement nécessaire. Celui-ci pourrait notamment prendre la forme d'un prélèvement exceptionnel, explicitement temporaire et calibré *ex ante* en fonction du coût anticipé de la transition pour les finances publiques, qui pourrait être assis sur le patrimoine financier des ménages les plus aisés.

14. Pour les dix ans qui viennent, la transition crée un risque de configuration inflationniste. Dans un contexte de brouillage sur la mesure de l'inflation, les banques centrales vont devoir préciser leur doctrine et expliciter leur réponse aux pressions sur les prix qu'induira la transition. Elles doivent au minimum conduire la politique monétaire avec doigté, et sans doute même opérer un relèvement temporaire de leur cible d'inflation.

15. L'Inflation Reduction Act (IRA) américain témoigne de ce que convergence des ambitions climatiques n'implique pas convergence des stratégies. L'hétérogénéité des politiques climatiques est appelée à perdurer.

16. L'Union européenne fait face à un sérieux problème de compétitivité. Elle souffre d'un prix élevé de l'énergie, le Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) est un dispositif imparfait, qui limite les fuites de carbone mais ne traite pas au fond la question de la compétitivité, et le pari industriel européen est mis en cause par l'IRA. L'Union européenne ne peut pas être à la fois championne du climat, championne du multilatéralisme et championne de la vertu budgétaire.

17. L'articulation entre politique européenne et politiques nationales doit être repensée. Aujourd'hui l'Union fixe les objectifs mais elle laisse les coûts politiques et les coûts financiers correspondants à la charge des États et prend appui sur une coordination indicative, dont l'effectivité est incertaine. L'Europe ne peut pas se permettre d'afficher une grande stratégie climatique tout en restant dans le flou quant à sa mise en œuvre effective. Il importe qu'elle définisse et mette en place une nouvelle gouvernance climatique à la mesure de son ambition.

18. La bonne méthode pour piloter la transition doit reposer sur un équilibre entre subventions, réglementation et tarification du carbone. Mieux que les États-Unis ou que la Chine, l'Europe et la France combinent aujourd'hui les trois instruments. En dépit des difficultés politiques et sociales, il ne faut pas renoncer au signal-prix, qui permet d'orienter les décisions de façon décentralisée.

PREMIÈRE PARTIE

L'URGENCE D'UNE ACTION D'ENVERGURE

CHAPITRE 1

À LONG TERME, AU NIVEAU MONDIAL, LE COÛT ÉCONOMIQUE DE L'INACTION EXCÈDE DE LOIN CELUI DE L'ACTION

1. La bonne mesure du coût et des bénéfices de l'effort

Il n'y a plus guère de doutes ni sur la réalité du réchauffement de l'atmosphère et de la surface terrestres, ni sur ses causes. Trente-cinq ans après la création du Giec[1], il faut beaucoup d'aveuglement pour nier l'évidence du changement climatique, la gravité des dommages qu'il induit et va de plus en plus induire, le lien causal entre accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et élévation des températures, et l'urgence d'une action collective à l'échelle mondiale. Ces vérités ont été rappelées de la manière la plus nette dans le sixième rapport du Giec, publié en mars 2023[2]. Dans les pays avancés et les pays émergents, elles emportent aujourd'hui l'adhésion de quelque huit personnes sur dix[3].

Pour autant, il faut beaucoup de désinvolture pour prétendre qu'à l'horizon 2030 cette action nécessaire et urgente sera sans coût économique. L'objet de ce rapport est précisément de proposer une évaluation réaliste des implications économiques d'une action d'envergure, à la mesure du problème auquel nous sommes aujourd'hui confrontés, et qui permette d'atteindre la neutralité climatique en 2050.

[1] Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – en anglais IPCC pour Intergovernmental Panel on Climate Change – a vu le jour en 1988.

[2] Voir Giec (2023), « Rapport de synthèse du Sixième rapport d'évaluation du Giec (AR6). Résumé pour décideurs », mars.

[3] Voir Dechezleprêtre A. *et al.* (2022), « Fighting climate change: International attitudes toward climate policies », *NBER Working Paper*, n° 30265, National Bureau of Economic Research, juillet.

L'appréciation de ce coût dépend de la référence par rapport à laquelle on le mesure : raisonne-t-on par rapport à une trajectoire hypothétique sans dégradation du climat ni effort pour l'enrayer, ou bien en référence à une évaluation raisonnée des dommages économiques à venir ? À quel horizon se place-t-on et comment valorise-t-on les dommages futurs ? Prend-on en compte les seuls efforts d'atténuation du réchauffement climatique ou également les efforts d'adaptation ? Comment envisage-t-on les enjeux distributifs des dommages et ceux de l'action préventive ? Examine-t-on, enfin, la question du point de vue de la France, de l'Union européenne ou de l'ensemble du monde ? Parce que chacune de ces questions éclaire une facette du problème, chacune mérite qu'on y réponde avec rigueur.

2. Au niveau mondial, une incitation non ambiguë à agir de manière urgente

Pour l'ensemble du monde, la question pertinente est celle des bénéfices et des coûts de l'effort d'atténuation, en référence à un scénario au fil de l'eau dans lequel l'action collective demeurerait d'ambition insuffisante et où le réchauffement ne serait donc pas contenu au cours des décennies à venir, occasionnant des dommages d'ampleur croissante et forçant les pays à prendre individuellement des mesures d'adaptation plus importantes[1].

Le dernier rapport du Giec (2023) souligne avec force l'urgence d'une action collective en vue de contenir le volume des émissions mondiales dans les limites, ou au plus près du budget carbone compatible avec un réchauffement de l'ordre de 1,5 °C. Au-delà de ce seuil, et certainement si le réchauffement dépassait 2 °C, la probabilité de dommages importants et potentiellement irréversibles augmenterait fortement.

Ces dommages seraient en outre très inégalement répartis : ils toucheraient en premier lieu les pays en développement et les populations vulnérables. Plus de trois milliards de personnes vivent dans des contextes particulièrement sujets au changement climatique.

[1] Il y a bien entendu différentes manières de définir un tel scénario, notamment car l'inaction complète est aujourd'hui irréaliste. L'Agence internationale de l'énergie prend pour référence un scénario de mise en œuvre des politiques en place (scénario STEPS).

Encadré 1 – Coûts des dommages et adaptation au changement climatique

Le changement climatique a commencé à avoir un impact sur les systèmes humains et naturels et cet impact va s'amplifier dans les décennies à venir. Comme le détaille le rapport thématique *Dommages et adaptation*[1], l'inventaire des dommages engendrés est complexe : si l'analyse qualitative des risques associés est aujourd'hui très avancée, leur quantification demande encore à être affinée. Cela implique de réduire de nombreuses incertitudes, à commencer par celles qui touchent à la projection des aléas climatiques futurs.

Mais cette projection physique ne suffit pas puisqu'il faut ensuite déterminer quels sont les systèmes exposés et quelles sont leurs vulnérabilités. Les stress climatiques se combinent et écartent les systèmes humains et naturels de leur trajectoire historique. Ces systèmes réagissent aux stress et aux changements, ce qui entraîne d'autres changements en cascade. Les incertitudes sont donc multiples – trajectoire d'émissions, modélisation climatique ou économique –, grandes, et pour certaines irréductibles.

À l'horizon 2030, en France, quel que soit le scénario envisagé, les effets du changement climatique devraient rester modestes. Hors les effets sur la productivité, sur la vie humaine et sur la contrainte d'émissions carbone en cas de relâchage de CO_2 par les puits de carbone naturels, le total des dommages n'excéderait pas 5 milliards d'euros par an. Les dommages monétisés de l'impact sur la vie humaine (à partir de la valeur statistique de cette dernière) pourraient être plus importants à ce même horizon (de l'ordre de 20 milliards d'euros par an), mais des mesures préventives devraient permettre de les réduire à moindre coût. Le relâchage d'émissions par les puits de carbone naturels demandera un effort de reconstitution ou de réduction plus important des émissions anthropogéniques, pour un coût qui pourrait également être très élevé.

S'agissant des dépenses d'adaptation, l'Institut de l'économie pour le climat (I4CE) a établi une liste de mesures chiffrées et prêtes à être mises en œuvre sans regret, qui impliquent une dépense additionnelle d'au moins 2,3 milliards d'euros par an[2]. Ces mesures ne sont toutefois que la première étape d'une stratégie plus structurante à mettre en œuvre qui appellera des arbitrages (par exemple sur les actifs situés dans les zones les plus exposées comme les littoraux ou encore sur l'évolution des modèles

[1] Voir France Stratégie (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Dommages et adaptation*, rapport thématique coordonné par Xavier Timbeau, mai.

[2] I4CE (2022), « Se donner les moyens de s'adapter aux conséquences du changement climatique en France : de combien parle-t-on ? », juin, 66 pages.

agricoles et touristiques). L'estimation devra donc être complétée à mesure que l'identification des besoins s'améliore et que ces arbitrages auront été rendus.

Mais l'analyse ne doit pas s'arrêter à ces chiffres encore très fragiles.

- D'abord, un inventaire décentralisé, cohérent, fondé sur des méthodologies communes doit être réalisé. Il doit intégrer les réactions des acteurs ou des systèmes naturels et anticiper les évolutions structurelles que le changement climatique peut rendre incontournables. Plutôt qu'une évaluation, il s'agit de la construction de scénarios d'adaptation partagés et mis en cohérence, qui puissent servir de base à un processus de décision.
- Ensuite, il faut regarder au-delà de l'horizon 2030. Les dommages vont être de plus en plus élevés au fur et à mesure que la température moyenne nationale s'accroîtra. En outre, ils seront potentiellement amplifiés par les accumulations de stress et par les réponses mal adaptées. Après 2030, le changement climatique ne fera que continuer. Il faut donc mettre d'ores et déjà l'accent sur les mesures d'adaptation « sans regret », c'est-à-dire qui ne sont pas susceptibles d'être rendues obsolètes par l'évolution du climat après 2030[1].

Les implications proprement économiques d'un tel scénario sont difficiles à apprécier et plus encore à chiffrer. Sous une série d'hypothèses, le rapport Stern de 2006 concluait que le coût économique de l'inaction climatique équivaudrait au moins à une baisse permanente de 5 % du niveau de la consommation mondiale[2]. Des travaux ultérieurs ont abouti à des impacts plus marqués du changement climatique sur l'activité économique globale : la perte de PIB à l'horizon 2100 serait ainsi comprise entre 7 % et 23 %[3]. Encore ces évaluations, souvent grossières et contestables, ignorent-elles, par-delà les incidences économiques du réchauffement, la valorisation des dommages humains, donc les coûts en matière de mortalité et de santé publique. Elles ignorent aussi les risques d'événements catastrophiques.

Même d'un point de vue étroitement économique – en ignorant, donc, les enjeux d'éthique intergénérationnelle ou de justice distributive que soulève la question climatique –,

[1] Typiquement, l'adaptation des stations de ski de moyenne montagne par l'installation de canons à neige ne satisfait pas à ce critère.

[2] Voir Stern N. (2006), *The Economics of Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.

[3] Voir Burke M. B., Hsiang S. M. et Miguel E. (2015), « Global non-linear effect of temperature on economic production », *Nature*, n° 15725, novembre ; Kalkuhl M. et Wenz L. (2020), « The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 103, septembre ; et Network for Greening the Financial System – NGFS (2022), « NGFS Scenarios for central banks and supervisors », septembre. Ces travaux à base économétrique ont cependant été contestés.

l'ampleur des dommages à venir ne laisse pas de doutes sur la nécessité ni même sur l'urgence d'une action.

3. Au niveau national, il est utile de conserver une référence à un compte central sans action ni dommages

Pour la France, qui pèse aujourd'hui moins de 1 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, il n'est pas possible d'ignorer que l'effort national d'atténuation du changement climatique n'a qu'une incidence marginale sur les émissions mondiales et le réchauffement : ces derniers dépendent avant tout des actions de l'ensemble des autres pays. Du point de vue du décideur national, il est donc pertinent de considérer que le coût économique et social de l'action climatique doit être mesuré par rapport à un scénario où l'absence d'une telle action n'aurait pas d'effets directs sur le réchauffement, qui serait uniquement déterminé par les actions des autres pays[1]. Pour isoler les effets des politiques d'atténuation, et les distinguer de ceux liés au réchauffement, il est également naturel de supposer que, dans le scénario de référence sans action nationale, le réchauffement et les dommages sont limités.

Cela ne veut pas dire que les actions d'atténuation du changement climatique ne doivent être entreprises que si elles laissent attendre pour le pays initiateur un bénéfice économique direct ainsi mesuré[2]. Raisonner de la sorte serait se comporter en passager clandestin, et serait contradictoire avec l'impératif collectif rappelé précédemment. Ce serait aussi ignorer l'aspiration d'un nombre croissant de citoyens à ce que leur pays agisse en conformité avec la morale kantienne et assume pleinement ses responsabilités dans l'action collective pour la préservation du climat. C'est bien dans cette optique que se situe le Green Deal de l'Union européenne, sur lequel on reviendra au Chapitre 3.

Mais cela veut dire que pour irréaliste que soit un scénario sans action ni dommages, qui correspond à la poursuite du monde d'hier, c'est bien en référence à ce type de scénario que raisonnent aujourd'hui un certain nombre de ménages et d'entreprises. Pour bien analyser les incidences économiques des politiques nationales d'atténuation, il est utile de raisonner par rapport à un scénario sans action nationale et sans dommages supplémentaires associés – en d'autres termes de séparer évaluation économique du coût des dommages inévitables et évaluation du coût des mesures de réduction des émissions.

[1] Dans cette veine, l'administration Trump avait ainsi imposé à l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA) de réviser le calcul du coût social du carbone afin de ne prendre en compte que les effets des politiques climatiques sur les États-Unis.

[2] Il existe en outre bien sûr des bénéfices indirects, en termes de qualité de l'air et de santé en particulier, associés à l'action climatique nationale.

CHAPITRE 2

L'ACCORD DE PARIS RESTE LE MEILLEUR CADRE DISPONIBLE POUR RÉPONDRE AU PROBLÈME D'ACTION COLLECTIVE

1. La nature du problème

L'émission de gaz à effet de serre (GES) et donc l'action climatique ont le caractère d'une externalité pure. Parce que les effets climatiques de l'émission d'une tonne supplémentaire sont indépendants du lieu d'émission, seuls les pays-continents comme la Chine ou les États-Unis peuvent espérer tirer un bénéfice direct de leurs propres efforts, et encore de manière très atténuée : à hauteur de 33 % pour la Chine et de 13 % pour les États-Unis en 2021.

De cette particularité résulte que les coalitions en faveur du climat sont intrinsèquement instables. Comme l'a montré William Nordhaus (2015), chaque pays a intérêt à susciter leur création pour démultiplier l'impact de sa propre action, et en même temps chaque pays a intérêt à les quitter dès lors qu'elles sont suffisamment amples pour qu'il trouve bénéfice à jouer les passagers clandestins (*free riders*)[1].

Les bénéfices de l'action climatique internationale sont en outre très inégalement répartis dans l'espace et dans le temps. Parce que le réchauffement va libérer des terres pour l'agriculture ou ouvrir des voies maritimes, certains pays ou régions sont susceptibles de gagner à la dégradation du climat, tandis que d'autres, tel le Bangladesh ou les régions côtières, sont menacés de submersion. De manière générale, les bénéfices sont d'autant plus importants que la préférence pour le présent – et donc le taux d'actualisation – est faible.

[1] Nordhaus W. (2015), « Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy », *American Economic Review*, vol. 105(4), p. 1339-1370.

2. La longue quête d'une réponse collective

Le point de départ des efforts visant à contenir le changement climatique a été le « Sommet de la Terre » de Rio de Janeiro en 1992. Moins d'un an après la disparition de l'Union soviétique, cette conférence des Nations unies a reconnu la réalité de l'interférence humaine avec le système climatique et a créé la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC)[1], qui constitue depuis trois décennies l'épine dorsale des efforts multilatéraux visant à atténuer le réchauffement de la planète. Ont également été adoptés les principes de Rio, qui tentent d'établir un équilibre entre le « droit souverain » des États d'exploiter leurs propres ressources et leur « devoir » de ne pas causer de dommages à l'environnement d'autres États (principe 2). C'est cet équilibre qui sous-tend la notion de « responsabilités communes mais différenciées » dans la prévention de la dégradation de l'environnement au niveau mondial (principe 7).

Les efforts visant à rendre ces principes opérationnels ont toutefois échoué à deux reprises. Avec le protocole de Kyoto de 1997, les pays avancés ont conclu un accord international contraignant destiné à lutter contre les comportements de passager clandestin. Mais cette coalition, qui ne comprenait ni la Chine ni l'Inde, s'est révélée trop étroite. La deuxième tentative a consisté à reproduire le protocole de Kyoto à plus grande échelle. Mais la conférence de Copenhague de 2009 a montré que les pays émergents n'étaient pas prêts à adhérer à un accord qu'ils considéraient comme un frein à leur développement.

L'Accord de Paris de 2015 a permis de sortir de cette impasse. N'ayant pas réussi à négocier et à mettre en œuvre des objectifs contraignants pour chaque pays, la communauté internationale s'est résolue à fixer un objectif climatique commun – limiter la hausse des températures bien en deçà de 2 °C – et à lui associer, en matière d'émissions, une série d'engagements unilatéraux non strictement contraignants[2]. Ce faisant, elle a reconnu que la souveraineté nationale ne pouvait pas être contournée, que les engagements de réduction des émissions ne pouvaient pas être limités aux pays avancés et que les accords devaient représenter la diversité des multiples acteurs impliqués.

L'Accord de Paris a marqué un tournant, car il a permis de passer d'engagements nationaux négociés à des engagements unilatéraux mais coordonnés. Il a essentiellement défini une méthode de type *pledge and review* associant objectif commun, obligations de transparence, cadre d'examen par les pairs et processus organisé de confrontation entre intentions et actions réelles. Comme le note le rapport thématique *Compétitivité*[3], cet accord a aussi, et

[1] En anglais UNFCCC pour United Nations Framework Convention on Climate Change.

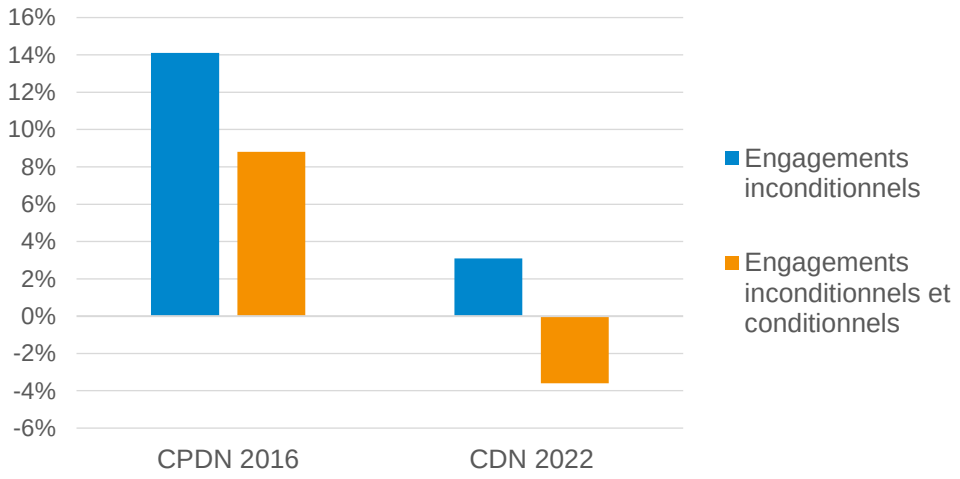
[2] Aujourd'hui dénommés « contributions déterminées au niveau national » (CDN).

[3] Voir France Stratégie (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Compétitivité*, rapport thématique coordonné par Lionel Fontagné, mai.

de plus en plus, servi de cadre à des engagements régionaux, sectoriels ou financiers qui le complètent et le renforcent. Plus que d'un simple mécanisme déclaratif, c'est de ce cadre qu'on attend aujourd'hui une effectivité dans la lutte contre le réchauffement.

En l'état actuel des choses, la somme des engagements individuels des pays, des collectivités locales, des entreprises et des investisseurs ne permet certes pas d'atteindre l'objectif collectif fixé par l'Accord : limiter l'augmentation moyenne de la température bien en dessous de 2 °C, en visant 1,5 °C. Pourtant, le processus engagé comporte plusieurs ingrédients essentiels : une participation quasi universelle ; un suivi de la mise en œuvre des engagements nationaux ; un processus multilatéral de révision quinquennale des engagements sur la base des résultats obtenus ; les accords sectoriels qui complètent le cadre général ; l'implication, enfin, de la société civile par le canal d'organisations de citoyens et d'entités infranationales (régions, villes) qui demandent des comptes aux gouvernements et servent de chambre d'écho à l'échelle mondiale. Depuis la conférence de Paris, les progrès sont évidemment insuffisants et, comme l'a montré l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la crédibilité des engagements nationaux reste fortement sujette à caution[1]. Mais l'évolution des engagements nationaux entre 2016 et 2022 témoigne de ce que le processus engagé a au moins conduit à un relèvement des ambitions (voir Graphique 1).

Graphique 1 – L'impact de l'Accord de Paris sur les ambitions climatiques des États (émissions prévues en 2030, en comparaison des émissions 2019)



Lecture : en 2016, la somme des émissions prévues pour 2030 sur la base des engagements des États se situait entre 14,1 % (engagements inconditionnels) et 8,8 % (ensemble des engagements, y compris conditionnels) au-dessus du niveau d'émissions de 2016. En 2022, ces écarts étaient respectivement de +3,1 % et -3,6 %.

Source : CCNUCC (2022), à partir du recensement de 166 contributions déterminées au niveau national (CDN) notifiées par les parties à l'Accord de Paris ou de leurs équivalents en 2016, les contributions prévues déterminées au niveau national (CPND)

[1] Voir Pisani-Ferry J. et Mahfouz S. (2022), « L'action climatique : un enjeu macroéconomique », *op. cit.*

Des revirements restent possibles. Plus fondamentalement, il est permis de s'interroger sur la capacité des puissances à concilier logique de rivalité et logique de coopération. Bien que Jake Sullivan, le conseiller pour la sécurité nationale du président Biden, ait clairement exprimé que « nous sommes arrivés à un point où nous pouvons et devons simplement nous attaquer à la fois à la concurrence géopolitique et aux défis transnationaux communs », et bien qu'il ait ajouté que « nous construisons une stratégie adaptée à la fois à la concurrence que nous ne pouvons pas ignorer et à la coopération mondiale sans laquelle nous ne pouvons pas réussir », la capacité de la Chine et des États-Unis à mettre en œuvre cette stratégie duale n'est pas garantie[1].

Les engagements souscrits dans le cadre du processus des conférences pour le climat (COP) ont cependant engagé une dynamique suffisante pour qu'une fraction significative des entreprises mondiales investisse dans la construction d'une économie sans carbone. C'est le vrai succès de l'Accord de Paris : il ne promet certainement pas la décarbonation avec une forte probabilité, mais il a marqué un tournant, il trace la voie et oriente partiellement au moins le progrès technique vers une économie plus verte. Malgré tous les problèmes qu'il pose, le ralliement de l'administration Biden aux objectifs de neutralité carbone en est l'illustration.

Par-delà les déclarations d'intention, toujours suspectes, de nombreux faits attestent la réalité de la mutation d'une fraction au moins du capitalisme. Les données financières détaillées confirment que les actions des entreprises « brunes » sont aujourd'hui affectées d'une décote croissante et d'ampleur significative pour les compagnies de grande taille, les secteurs particulièrement concernés par la transition et les entreprises européennes (par opposition aux américaines)[2]. Ces écarts de valorisation boursière qui se retrouvent, de manière atténuée, sur les marchés de la dette des entreprises sont apparus au moment de l'Accord de Paris alors qu'ils étaient auparavant non significatifs. Il est permis d'y voir la preuve que cet accord a significativement modifié l'importance donnée par les marchés à la performance climat des entreprises cotées et, partant, le comportement des entreprises elles-mêmes[3].

[1] Voir Sullivan J. (2022), « Remarks by National Security Advisor Jake Sullivan on the Biden-Harris Administration's National Security Strategy », The White House, 12 octobre.

[2] Voir Bolton P., Halem Z. et Kacperczyk M. (2022), « The financial cost of carbon », SSRN, avril.

[3] Voir Bolton P. et Kacperczyk M. (2021), « Global pricing of carbon-transition risk », *Journal of Finance*. De manière intéressante, cette réponse à l'Accord de Paris est essentiellement déterminée par les entreprises asiatiques.

3. L'hétérogénéité des politiques climatiques est appelée à perdurer

On a longtemps cru que le problème principal de l'Accord de Paris était qu'il laissait place à l'inégalité des *ambitions* de réduction des émissions. Faute d'un consensus sur la traduction concrète de la notion de responsabilité commune mais différenciée, le processus des COP successives ne permettait pas de faire obstacle aux comportements de passager clandestin. C'est la raison pour laquelle Nordhaus avait proposé la création d'un club climat dont les membres seraient soumis à une exigence d'effort minimal[1]. Mais la décision américaine de mettre en œuvre, avec l'Inflation Reduction Act (IRA) de 2022, une stratégie très différente de celle de l'Europe a souligné l'acuité d'un autre problème : l'hétérogénéité des *moyens* mis en œuvre pour parvenir à la neutralité carbone.

Le choix par les États-Unis d'une stratégie essentiellement incitative combinant subventions et protections est le symptôme d'une question plus large : rien n'oblige les parties prenantes à l'Accord de Paris à adopter des politiques similaires pour atteindre un même objectif. L'enjeu climatique rouvre en fait un débat ancien sur le degré d'autonomie dont jouissent les économies dans le choix des finalités et des instruments de leurs politiques, dans un cadre compatible avec le multilatéralisme économique. Supposé résolu par l'adhésion de la Chine à l'Organisation mondiale du commerce, ce débat n'avait été tranché qu'en apparence. La question du climat, parmi d'autres, force aujourd'hui à le revisiter.

Comme le rappelle le rapport thématique *Compétitivité*[2], l'hétérogénéité des secteurs du point de vue de l'intensité en carbone de la valeur ajoutée est aujourd'hui extrême : elle atteint 50 % dans les secteurs miniers et de l'ordre de 20 % à 30 % dans une série de secteurs de l'industrie lourde. En Europe, ces secteurs bénéficient actuellement de quota gratuits. Mais avec la hausse du prix du carbone sur le marché des quota d'émission (SEQE) et la fin programmée des allocations gratuites, la diversité des politiques climatiques va devenir un réel enjeu de compétitivité. Or s'il y a différents instruments disponibles pour réduire l'impact de ces divergences sur la compétitivité, aucun ne permet de neutraliser les effets des écarts entre pays quant au choix des instruments ni d'éliminer complètement les fuites de carbone. Nous y reviendrons au Chapitre 12.

[1] Voir Nordhaus W. (2015), « Climate clubs… », *op. cit*. Sa proposition était d'utiliser les droits de douane comme incitant à la participation à l'effort d'action climatique.

[2] France Stratégie (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Compétitivité, op. cit.*

CHAPITRE 3

L'UNION EUROPÉENNE S'EST PORTÉE AUX AVANT-POSTES DE L'ACTION CLIMATIQUE

1. Deux stratégies possibles

À en juger par le volume de ses émissions de gaz à effet de serre, l'Union européenne n'est ni un petit pays ni une puissance dominante. Elle pèse 7,5 % des émissions territoriales mondiales – 10 % si on intègre les émissions importées –, et à peu près 10 % également si l'on inclut dans son aire le Royaume-Uni, dont la politique ne diffère pas substantiellement de la sienne, les pays engagés dans un processus d'adhésion et les pays non-UE de l'Espace économique européen[1]. C'est peu pour exercer une influence directe sur le volume des émissions mondiales, surtout si l'on tient compte de ce qu'indépendamment des politiques climatiques, sa part est appelée à baisser rapidement en raison des écarts anticipés de croissance.

Commercialement, en revanche, l'Union européenne est une puissance. Comme le note Wolff (2023), les trois premiers membres de l'OMC sont la Chine, l'UE-27 et les États-Unis, dont les volumes d'échanges sont à peu près équivalents[2] : respectivement 6 000 milliards de dollars, 5 100 milliards (sans compter les échanges intra-UE) et 4 700 milliards. Des trois, écrit-il, « seule l'Union européenne a les valeurs, la motivation économique et le leadership requis pour réformer le système multilatéral ».

C'est sans doute la raison pour laquelle l'Union européenne s'est, en 2019, engagée dans le *Green Deal* (Pacte Vert). Il y avait à l'époque deux stratégies envisageables :

- Une stratégie de suiveur consistant à minimiser le coût économique de la transition en étalant celle-ci dans le temps, en adoptant des technologies éprouvées et en

[1] Source : Our World in Data / Global Carbon Project.

[2] Wolff A. Wm. (2023), « The world trading system needs a more assertive European Union », Peterson Institute for International Economics, 15 mars.

concentrant les efforts de recherche sur les domaines dans lesquels l'Europe disposait déjà de bases solides. Climatiquement peu ambitieuse, cette stratégie risquait d'aboutir à devoir prendre acte de l'échec de l'Accord de Paris ;

- Une stratégie de leader visant à engager la construction d'une économie climatiquement neutre, avec pour ambition de fixer les standards du futur et d'en tirer des avantages technologiques et économiques. Ayant éprouvé sa puissance normative dans une série d'autres domaines – des normes industrielles à la réglementation bancaire en passant par le traitement des données personnelles –, c'est celle qu'a choisie l'Union européenne.

En présentant le projet de *Green Deal,* en décembre 2019, Ursula von der Leyen, la présidente de la Commission européenne, l'avait décrit comme le « *man on the moon moment* » de l'Europe[1]. L'ambition était de réconcilier l'économie et la préservation de la planète, de redéfinir le modèle de croissance et de prendre place aux avant-postes des industries du futur. Un peu plus de trois ans plus tard, l'essentiel de cette vision a été traduit en objectifs quantifiés pour 2050 et 2030, et décliné en une série de dispositions législatives aujourd'hui votées ou en voie d'adoption. En particulier, l'Union européenne a formellement adopté l'objectif de neutralité carbone en 2050 et elle s'est fixé de réduire ses émissions d'au moins 55 % en 2030, par rapport à 1990.

En dépit des réserves et des remords de certains États membres, en particulier sur l'interdiction de mise sur le marché de voitures à moteur thermique à partir de 2035, c'est un plan d'une portée considérable, dont l'adoption paraissait peu probable il y a encore trois ans. Atteindre l'objectif fixé pour 2030 suppose de faire plus que tripler le rythme de réduction des émissions par rapport à la période 1990-2019. Même en tenant compte du ralentissement anticipé de la croissance, c'est une accélération très substantielle de l'effort[2].

2. La crise gazière a conduit à accélérer le mouvement

Dès avant l'invasion de l'Ukraine par la Russie, cette stratégie apparaissait industriellement risquée puisque sauf dans certains domaines comme les éoliennes, l'Union ne pouvait guère miser sur sa maîtrise des technologies vertes. La hausse soudaine du prix du gaz puis, à compter de la mi-2022, l'interruption des livraisons en provenance de Russie ont brutalement remis en cause la perspective d'une transition graduelle, au gré de laquelle la décarbonation passerait dans une première étape – de dix à quinze ans – par la substitution du gaz aux énergies fossiles plus carbonées (pétrole, charbon, lignite).

[1] Euractiv (2019), « EU Commission unveils European Green Deal: The key points », 11 décembre.

[2] Voir le tableau 1 dans la note d'étape « L'action climatique : un enjeu macroéconomique », *op. cit*.

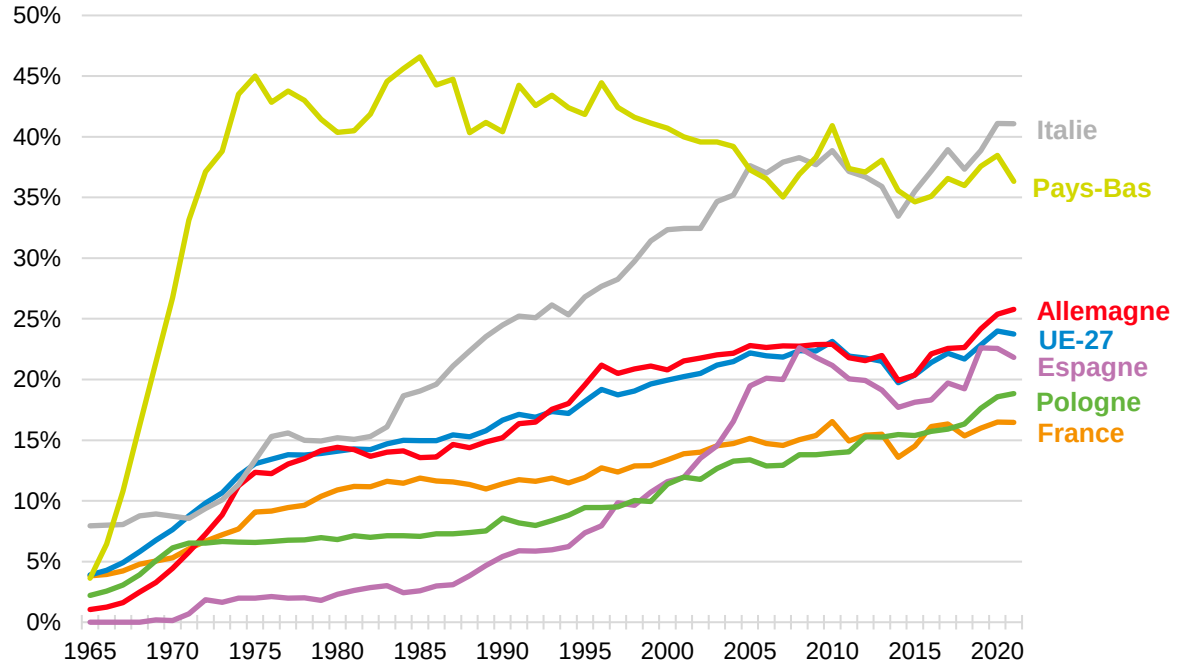
Or cette option avait le double avantage de maintenir le coût de l'énergie à un niveau bas et de donner le temps d'éprouver la faisabilité d'un système énergétique combinant énergies renouvelables (ENR), nucléaire et recours à l'hydrogène comme technologie de stockage.

L'interruption des approvisionnements russes a eu deux principaux effets sur le système productif. Le premier, immédiat, a été de dégrader la compétitivité pour les produits intensifs en énergie :

- Cette interruption a provoqué un relèvement du prix du gaz sur les marchés de gros européens, qui s'est répercuté sur les prix payés par les acheteurs industriels ;
- Elle a induit, à des degrés divers selon les pays, un relèvement du prix de l'électricité pour les usages industriels.

Le deuxième effet a été d'accélérer les efforts de décarbonation en poussant l'Union européenne à sauter l'étape de la transition par le gaz. Jusqu'en 2021, la part du gaz dans les approvisionnements en énergie primaire était croissante dans l'ensemble de l'UE comme dans les principaux pays (voir Graphique 2). Moins carbonée que les autres énergies fossiles (charbon, notamment), ce combustible apparaissait en effet comme un candidat acceptable à la transition vers une économie complètement décarbonée.

Graphique 2 – Part du gaz dans l'approvisionnement en énergie primaire, UE-27 et principaux États membres



Lecture : en 2021, le gaz représente 16,5 % de l'approvisionnement français en énergie primaire.

Source : Our World in Data

La brutale interruption des livraisons russes a contraint l'Union eruopéenne à rechercher des fournisseurs alternatifs mais surtout à accélérer la sortie des combustibles fossiles. Le plan REPowerEU présenté par la Commission en mai 2022 prévoyait de diversifier les approvisionnements et de réduire la demande d'énergie, mais aussi d'accroître la part des renouvelables dans l'offre totale, en relevant à 45 % l'objectif pour 2030, initialement fixé à 40 %. Alors que tout laissait craindre une augmentation des émissions en 2022, celles-ci ont en fait baissé de 2,5 %, en partie sous l'effet d'un hiver doux, mais aussi d'une accélération du déploiement des renouvelables[1]. La baisse de l'élasticité-demande de la consommation d'énergies fossiles y a aussi contribué (voir Encadré 2).

Encadré 2 – Les premiers enseignements de la crise énergétique

La crise énergétique européenne de 2022, liée à la guerre en Ukraine et aggravée par les difficultés du parc nucléaire français et une faible hydraulicité, s'est traduite par des baisses de consommation de gaz et d'électricité de respectivement 13 % et 3 % dans l'Union européenne par rapport à 2021, d'après l'Agence internationale de l'énergie. Pour autant, même si certains secteurs énergo-intensifs ont été très affectés, l'économie européenne a globalement mieux résisté qu'on pouvait le craindre, le PIB de la zone euro ayant crû de 3,5 % en 2022, à un rythme seulement légèrement inférieur à celui anticipé avant le début de la guerre[2].

Même s'il est trop tôt pour tirer toutes les leçons de la crise et même si les températures clémentes en 2022 ont permis d'absorber une partie du choc d'offre d'énergie, cela tend à accréditer la thèse de l'existence de possibilités de substitution significatives, y compris à court terme, entre, d'une part, le gaz et l'électricité et, d'autre part, les autres facteurs de production, à l'échelle de l'économie dans son ensemble[3].

Une analyse de l'AIE[4] met ainsi en évidence que la moitié de la baisse de 25 % de la consommation de gaz de l'industrie européenne s'explique par le recours à d'autres énergies ainsi que par des gains d'efficacité et des efforts de sobriété énergétique. L'autre moitié est liée à la réduction de certaines productions, mais celle-ci est relativement concentrée dans quelques secteurs très gazo-intensifs, l'industrie des engrais y contribuant à elle seule pour près de la moitié (donc pour près du quart de la baisse totale de la consommation industrielle de gaz).

[1] Voir AIE (2023), *CO_2 Emissions in 2022*, rapport, mars.

[2] Dans ses perspectives économiques mises à jour en janvier 2022, le FMI anticipait une croissance du PIB de la zone euro de 3,9 % en 2022.

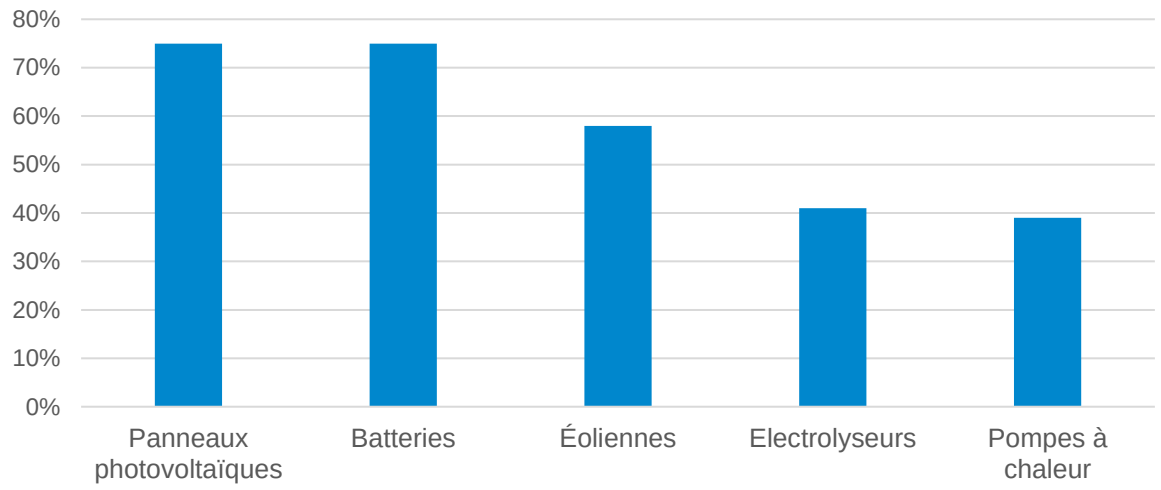
[3] Ce degré de substituabilité a notamment été au cœur des débats du printemps 2022 sur l'impact de la guerre sur le PIB allemand. Voir notamment. Bachmann R. *et al.* (2022), « What if? The Economic effects for Germany of a stop of energy imports from Russia », *EconPol Policy Report*, n° 36, Ifo Institute, mars.

[4] AIE (2022), « Europe's energy crisis: What factors drove the record fall in natural gas demand in 2022? », mars.

3. Un retard préoccupant dans les industries vertes

L'Union européenne accuse cependant un retard préoccupant dans la production des équipements de la transition climatique. L'Agence Internationale de l'énergie a récemment dressé un panorama mondial des technologies vertes. Celui-ci fait apparaître une domination sans partage de la Chine dans la production des panneaux photovoltaïques et des batteries (voir Graphique 3), et une position très forte dans l'éolien (qui reflète aussi une forte demande intérieure). Cette domination est encore plus marquée si l'on tient compte des projets annoncés en vue d'une mise en service d'ici 2030, puisque 80 % à 90 % d'entre eux concernent la Chine[1].

Graphique 3 – Part de la Chine dans la production mondiale de divers équipements, 2021



Lecture : en 2021, la Chine produit 75 % de la production mondiale de panneaux photovoltaïques.

Source : Agence Internationale de l'énergie (2021), « Geographic concentration by supply chain segment », in Energy Technology Perspectives 2023

Dans des technologies où les effets d'expérience et d'échelle jouent beaucoup, le retard de l'UE est préoccupant, d'autant que la transition risque de fragiliser un certain nombre de points forts traditionnels de l'industrie européenne (véhicules à moteur thermique, industrie aérospatiale, biens intermédiaires carbonés) dont la demande est appelée à baisser au fur et à mesure des progrès de la transition. En l'absence de hausse de la part de l'UE dans la production des biens « verts », le risque d'une désindustrialisation serait donc substantiel. C'est pourquoi la mutation doit s'accompagner d'une progression européenne dans la production de ces biens, au moins de certains d'entre eux.

[1] À l'exception des électrolyseurs (pour la production d'hydrogène), pour lesquels la part de la Chine est de 25 % environ.

L'Union européenne en a conscience. Pour accompagner la transformation de son économie, la Commission a récemment annoncé, en complément du Pacte Vert, un programme industriel (*Green Deal Industrial Plan*, février 2023) qui se décline en une stratégie de politique industrielle (*Net Zero Industry Act*, mars 2023), une réglementation sur les matières premières critiques (*Critical Raw Materials Act*, mars 2023) et une proposition de réforme du marché de l'électricité.

L'ambition affichée est en particulier de faire en sorte que dans un ensemble de technologies vertes suffisamment matures, essentielles à la décarbonation et pour lesquelles l'Europe est aujourd'hui dépendante, notamment de la Chine, de l'ordre de 40 % du déploiement annuel sur le marché intérieur soit servi par les producteurs de l'Union.

À cette fin, la Commission propose une série d'initiatives en matière réglementaire (unification des standards, bacs à sable réglementaires), dans le contrôle des aides d'État (assouplissement ciblé et temporaire pour faciliter la transition) et dans l'accès aux financements européens (transferts spécifiques de la facilité de relance et de résilience, prêts et investissements de la BEI, garanties InvestEU, Fonds d'innovation). Elle a reçu mandat de formuler d'ici l'été 2023 des propositions en vue de la création d'un Fonds souverain européen. Elle met aussi l'accent sur le déficit de compétences et les moyens d'y répondre.

L'objectif de 40 % est-il réaliste ? La situation est très contrastée. En matière de photovoltaïque et de batteries, la Chine a établi une position dominante au niveau mondial, comme l'indique le Graphique 3. Le potentiel de rattrapage est réel dans les batteries, nettement plus incertain dans le solaire. Dans l'éolien, l'Europe reste à la pointe de l'innovation et peut convertir cet avantage en atout industriel si elle résout son problème de capacité de production. En matière de pompes à chaleur, elle est également un leader de l'innovation, mais l'industrie est fragmentée et le solde extérieur s'est fortement dégradé. Pour la production d'hydrogène par l'électrolyse, enfin, l'Europe est technologiquement fragile et le déploiement de solutions industrielles est actuellement handicapé par le niveau élevé du prix de l'électricité. L'objectif d'un taux d'autosuffisance de 40 % est clairement atteignable ou dépassable dans certains secteurs, il est en revanche hors de portée dans d'autres[1].

[1] Ce paragraphe prend appui sur le rapport de la Commission européenne *Progress on competitiveness of clean energy technologies*, COM(2022)643 final, novembre 2022.

CHAPITRE 4

UNE MUTATION D'AMPLEUR COMPARABLE À UNE RÉVOLUTION INDUSTRIELLE, MAIS PLUS RAPIDE ET ORIENTÉE PAR LES CHOIX PUBLICS

1. Les changements de système énergétique induisent des révolutions industrielles

La première révolution industrielle est indissociable de l'avènement de l'âge du charbon. Encore marginal au début du XIXe siècle (mais déjà dominant au Royaume-Uni), le charbon va conquérir le monde en moins de six décennies : il atteint 5 % du marché mondial de l'énergie primaire en 1840, 10 % en 1855, et 50 % quarante-cinq ans plus tard, en 1900[1]. Son âge d'or est cependant bref car il est bientôt supplanté par les hydrocarbures. Énergie caractéristique de la deuxième révolution industrielle, celle des voitures et des avions, les hydrocarbures atteignent la barre des 5 % en 1915, franchissent le seuil de 10 % dans les années 1920, et dépassent les 50 % dès les années 1970. C'est donc sensiblement au même rythme que s'est déroulée la conquête du marché mondial par ces deux énergies fossiles (voir Graphique 4).

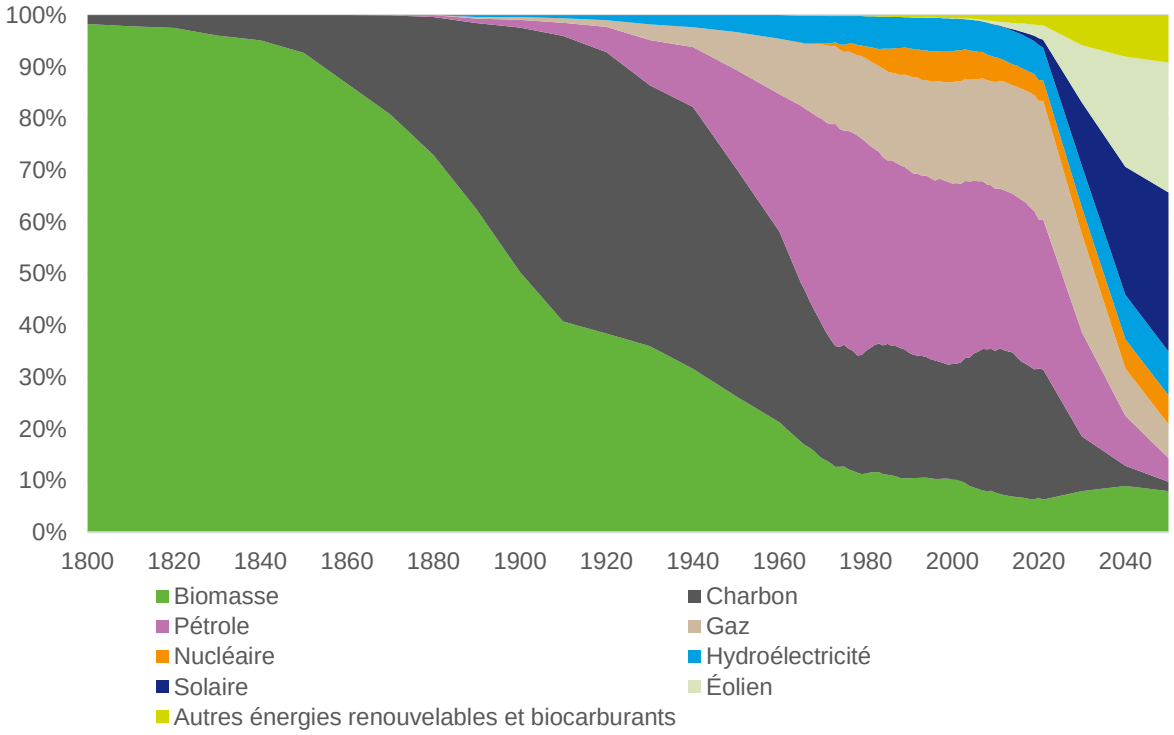
Les énergies renouvelables – y compris les plus anciennes, comme l'hydroélectricité – représentent aujourd'hui 13,5 % de l'offre mondiale d'énergie primaire, en hausse sensible depuis le début des années 2000[2]. Dans un scénario de neutralité climatique en 2050, elles devraient, selon l'Agence internationale de l'énergie (2022), franchir dès 2030 la barre des 30 % de l'offre mondiale d'énergie primaire. Même dans un scénario où le mix

[1] Smil V. (2017), *Energy and Civilization: A History*, MIT Press, p 395.

[2] Source : Our World in Data, sur la base de données BP. Les énergies renouvelables incluent l'hydroélectricité, une énergie exploitée depuis longtemps et dont la puissance installée était encore en 2020 deux fois supérieure à celle du vent et du solaire.

énergétique continuerait à reposer en partie sur les combustibles fossiles, elles devraient être archi-dominantes au milieu du siècle.

Graphique 4 – Parts des différentes énergies dans l'approvisionnement énergétique mondial, 1800-2021



Lecture : en 2021, la biomasse traditionnelle représente 6,3 % de l'approvisionnement énergétique mondial.

Note : pour permettre le raccord entre les données historiques et les projections, les facteurs de conversion entre vecteurs énergétiques sont ceux de la première référence ci-dessous. La décarbonation est plus abrupte que les transitions passées parce qu'elle est effectivement plus rapide, mais aussi du fait que les énergies décarbonées, au premier rang desquelles l'éolien et le photovoltaïque, doivent venir non s'ajouter, mais se substituer aux énergies carbonées.

*Source : à la reconstruction de l'approvisionnement énergétique mondial sur la période 1800-2021, par Vaclav Smil (*Energy Transitions: Global and National Perspectives, 2016*), on a raccordé le scénario « net zero emissions by 2050 » de l'AIE*

Cette nouvelle mutation entraînera elle aussi une transformation profonde du système économique. Électrification à large échelle, décarbonation de l'industrie, révolution dans les mobilités, bouleversement des modes de vie : les conséquences seront fortes. Mais trois différences distingueront cette révolution industrielle de celles du passé : son rythme, fortement accéléré en comparaison de l'évolution historique observée pour le charbon ou les hydrocarbures ; son étendue, puisqu'à peu près tous les pays vont y prendre part, même si ce n'est pas exactement du même pas ; et, surtout, le fait qu'elle est et restera pilotée par les politiques publiques, plutôt que l'impulsion vienne de la technologie et de la seule dynamique conquérante du capitalisme.

2. Trois mécanismes pour une transformation

Cette transformation reposera sur trois mécanismes économiques principaux : la substitution de capital aux énergies fossiles, les changements de mode de vie et de consommation (sobriété), et la réorientation du progrès technique vers les économies de matières[1].

Le premier mécanisme, qui joue principalement sur la transformation de l'offre, traduit à la fois la nécessité d'investir pour sortir des énergies fossiles, et le fait que la production décarbonée est généralement plus intensive en capital. C'est un ressort très puissant dont l'importance est attestée, pour ce qui est de la production d'électricité, par les caractéristiques technico-économiques des renouvelables et du nucléaire au regard de celles des énergies fossiles (voir le graphique 2 de la note d'étape de novembre 2022). Mais l'enjeu n'est pas la seule production d'électricité : le même type de raisonnement s'applique à la rénovation des bâtiments (un immeuble neutre en énergie est plus coûteux à construire qu'un immeuble moins performant), aux transports individuels (avec le remplacement de véhicules thermiques par des véhicules électriques, actuellement plus coûteux à l'achat, mais dont le coût d'usage est plus faible) ou encore aux transports collectifs (construction d'infrastructures, notamment ferroviaires). Macroéconomiquement, l'effet de ces transformations sera généralement une augmentation du ratio capital / produit. Encore faut-il noter que compte tenu de la part du nucléaire dans la production d'électricité, la France n'est pas le pays où l'augmentation de ce ratio sera la plus forte.

Si ce premier mécanisme va transformer la sphère de la production, le deuxième, celui de la sobriété, concerne directement la demande. Il s'agit ici des modes de vie et de consommation, qui devront concourir à la réduction des émissions. Les ménages et les entreprises devront eux aussi adapter leurs comportements afin de réduire leur consommation totale d'énergie.

La question est de savoir ce qui motivera ces changements. Facialement, la réduction de consommation d'énergie proviendra pour partie de gains d'efficacité énergétique. Mais les gains d'efficacité reposent sur des investissements, même de faible montant, et ils relèvent donc plutôt de la substitution de capital à des énergies fossiles ou du progrès technique. Pour partie cependant, la réduction de la demande d'énergie proviendra aussi de changements – spontanés ou induits par les politiques publiques – dans la structure de la consommation finale.

La sobriété peut ainsi être définie économiquement comme une réduction de la consommation d'énergie des ménages et des entreprises qui ne résulte pas d'améliorations

[1] Ces points ont été développés dans la note d'étape préparatoire à ce rapport : Pisani-Ferry J. et Mahfouz S. (2022), « L'action climatique : un enjeu macroéconomique », *op. cit.* Les paragraphes ci-après synthétisent et complètent l'analyse qui y était présentée.

de l'efficacité énergétique mais de changements, volontaires ou non, dans la demande d'énergie et les structures de consommation. Trois questions se posent. La première est de savoir si la sobriété est nécessaire, ou s'il suffit de miser sur l'efficacité énergétique et la décarbonation de l'énergie ; la deuxième touche aux ressorts qui induiront ces changements de comportement ; la troisième, qui fera l'objet du prochain chapitre, concerne les effets économiques de la sobriété sur la consommation totale, la croissance et, au-delà, sur le bien-être.

Sur le premier point, la réponse est assez simple. Mieux utiliser l'énergie et la décarboner est essentiel, mais cela ne suffira pas à atteindre nos objectifs de réduction des émissions. Dans certains domaines comme le transport aérien, la décarbonation complète des combustibles ne pourra sans doute pas être atteinte en 2050 et l'engagement actuel de neutralité carbone de cette industrie[1] repose en partie sur des mécanismes de compensation, qui joueront un rôle prédominant dans les années à venir. Dans d'autres, comme l'élevage bovin, il n'y a tout simplement pas de solution immédiate du côté de l'offre. En outre, les gains d'efficacité énergétique vont sans doute s'accompagner d'effets rebond qui viendront atténuer l'impact direct de la réduction des émissions. Il est donc indispensable d'agir parallèlement sur la demande.

La deuxième question est plus difficile. L'histoire des modes de vie nous enseigne la prégnance des normes collectives dans la structuration de la consommation des ménages. Au fil de phases successives se sont graduellement imposés des modes de vie de plus en plus énergivores. La périurbanisation a ainsi installé une dépendance à la voiture individuelle, voire à la double motorisation au sein d'un même ménage. Éloignement des commerces, des services publics, des lieux de loisir et des aménités urbaines ont solidifié un mode de vie qui crée une forte inertie dans la consommation des ménages. Envisager la sobriété en ignorant cette dimension systémique est donc illusoire. Comme l'écrit Pierre Veltz, « il est difficile de demander de la sobriété individuelle au sein d'une société organisée autour de l'abondance et du gaspillage[2] ».

Le changement viendra sans doute d'une combinaison entre signal-prix et évolution des normes collectives. Pour être acceptée, l'extension graduelle du système européen de quota d'émission au bâtiment et aux transports, qui induira un relèvement du prix des énergies fossiles pour ces usages, devra aller de pair avec l'émergence et la diffusion progressive de nouvelles normes collectives.

[1] Association du transport aérien international – IATA (2021), « Élimination des émissions nettes de carbone d'ici 2050 », communiqué, n° 66.

[2] Voir Veltz P. (2022), *Bifurcations*, La Tour-d'Aigues, Éditions de l'aube.

Les changements de structure de consommation peuvent facilement être pris en compte dans un cadre microéconomique rigoureux s'ils résultent d'une taxation des consommations intensives en carbone ou de réglementations. Mais ce n'est généralement pas ainsi que le terme de sobriété est entendu. Celui-ci renvoie plutôt à l'idée que la baisse de la consommation d'énergies carbonées pourrait résulter de choix individuels mieux informés, par exemple via l'étiquetage carbone des produits et services, ou d'une prise en compte volontaire des effets externes des consommations carbonées.

Il est difficile, dans un modèle simple reposant sur la rationalité individuelle du consommateur, de représenter la sobriété non contrainte, qui renvoie à l'idée de modération et de réduction d'une sur-consommation. De deux choses l'une, en effet : ou bien la sobriété est une réponse à une contrainte et elle réduit l'utilité individuelle du consommateur ; ou bien elle est volontaire et suppose que le consommateur se trompe et apprécie mal l'utilité directe de sa consommation, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse traditionnelle de rationalité. Pour le dire concrètement : limiter le gaspillage d'énergie, pratiquer le vélo, ou réduire sa consommation de viande rouge est certainement porteur de co-bénéfices individuels. Mais si c'est le cas, pourquoi les consommateurs ne le font-ils pas davantage ? Pourquoi faut-il envisager des initiatives de politique publique ?

Depuis quelques années, la psychologie sociale et l'économie comportementale ont développé des outils permettant de mieux appréhender des biais comportementaux et le cas échéant de les corriger[1]. Dans cette veine, List *et al.* (2022)[2] ont récemment proposé une formalisation simple des choix du consommateur qui prend en compte à la fois des biais de comportement conduisant à des choix individuels sous-optimaux par rapport à l'utilité des individus eux-mêmes et des effets d'externalités classiques (prise en compte des bénéfices ou des coûts externes des comportements individuels, par exemple des émissions de GES dans le secteur de l'élevage). Dans ce cadre, des politiques publiques peuvent agir soit sur le biais comportemental, soit pour faire prendre en compte au consommateur l'externalité, par une taxe par exemple. Cette formalisation permet à la fois de donner un sens précis à la notion de sobriété et de déterminer quand une politique publique destinée à la promouvoir est préférable à la tarification du carbone. Le troisième ressort de la transformation est enfin la réorientation du progrès technique. Traditionnellement, celui-ci est supposé orienté soit vers la productivité globale des facteurs (capital et travail dans un cas simple, qu'il est

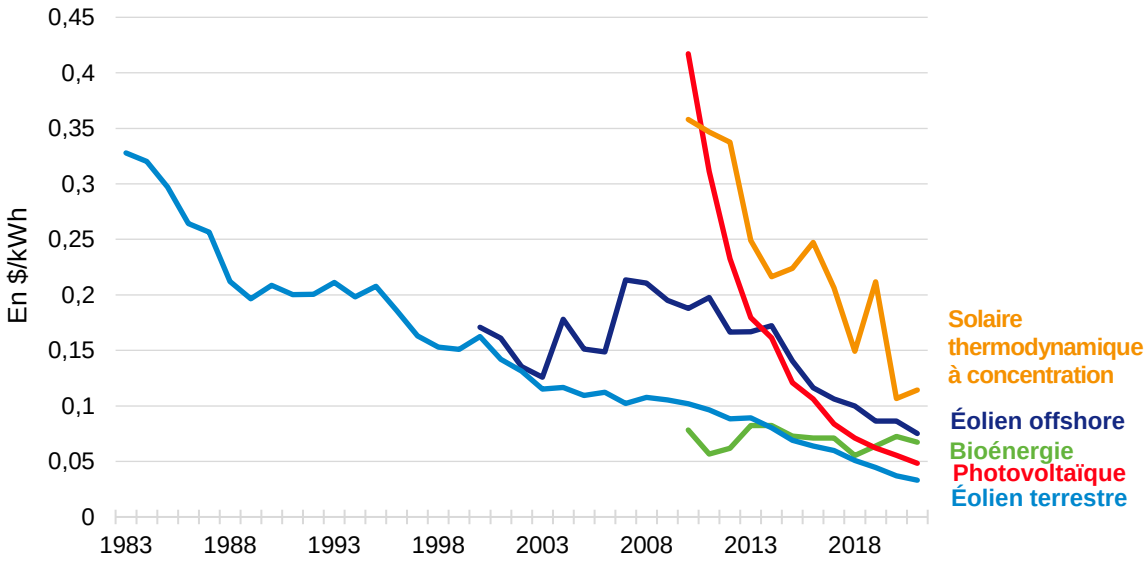
[1] Thaler et Sunstein (2008) ont ainsi promu des stratégies de politique publique dites de *nudges,* qui visent à modifier « l'architecture des choix » sous-jacente aux décisions individuelles, par exemple en changeant l'option par défaut pour tirer parti de la tendance des gens à s'y conformer passivement. Pour être considérée comme un *nudge*, une intervention doit être « facile à éviter et peu coûteuse. Les *nudges* ne sont pas des obligations ». Ces stratégies ont été mises en œuvre avec succès, notamment en matière de santé publique. Voir Thaler R. et Sunstein C. (2008), *Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness*, Yale University Press.

[2] List J. A., Rodemeier M., Roy S. et Sun G. (2023), « Judging nudging: Understanding the welfare effects of nudges versus taxes », avril.

possible d'étendre à d'autres facteurs de production), soit de manière restrictive vers la seule productivité du travail. La transition climatique invite à repenser le progrès technique afin de prendre en compte, de manière prioritaire, les économies de combustibles fossiles.

Cette orientation ne fait évidemment sens que dans un cadre de croissance endogène dans lequel les prix relatifs et les politiques publiques déterminent l'orientation des efforts d'innovation. Il est permis de penser que dans un certain nombre de domaines, les technologies « vertes » sont *potentiellement* au moins aussi productives que les technologies « brunes », mais que depuis plus d'un siècle, l'accumulation des connaissances et des brevets en matière d'exploitation des combustibles fossiles a créé en leur faveur un phénomène de dépendance au sentier. La chute rapide du coût des renouvelables (voir Graphique 5) témoigne de cette dépendance au sentier.

Graphique 5 – Coût complet de différentes technologies (hors coût du back-up et coût de système)



Lecture : en 2021, le solaire thermodynamique à concentration présente un coût complet de 0,11 $/kWh.

Source : Our World in Data

On peut aujourd'hui considérer que cette réorientation a eu lieu pour le solaire photovoltaïque et pour l'éolien, et que resteront surtout à engranger des effets d'expérience et d'échelle[1]. En revanche, la décarbonation complète suppose que d'ici 2050 des progrès importants soient enregistrés en matière, par exemple, de production de l'hydrogène, de capture du carbone ou de stockage de l'électricité. L'AIE estime ainsi qu'à l'horizon 2050,

[1] Dans le cas français, cela suppose bien entendu que les problèmes d'acceptabilité locale qui ont handicapé le déploiement des renouvelables finissent par être résolus.

un tiers de la réduction des émissions mondiales actuellement projetées repose sur des technologies qui n'ont pas encore dépassé le stade du démonstrateur[1].

3. Ces trois mécanismes joueront un rôle variable selon l'horizon et le périmètre géographique considérés

La transition fera nécessairement appel à l'ensemble de ces trois mécanismes, mais dans des proportions variables selon le périmètre géographique considéré et au cours du temps.

Pour le monde, à l'horizon 2050, le Giec (2022) chiffre le potentiel de réduction des émissions à 29 % par rapport à un scénario tendanciel pour le canal de la sobriété et à 17 % pour celui de l'efficacité dans les usages de l'énergie. La moitié (54 %) de la réduction des émissions ne relèverait pas d'actions sur la demande, mais sur la composition de l'offre[2]. Pour l'Union européenne, les changements de mode de vie tels que le télétravail, la réduction des voyages, les changements de régime alimentaire, la lutte contre le gaspillage alimentaire et le recyclage pourraient, à eux seuls, contribuer à réduire les émissions cumulées entre 2011 et 2050 de 16 % par rapport à la tendance[3].

Pour la France enfin, la palette des futurs possibles est large, selon que l'on prend en compte ou non une modification importante des normes sociales : baisse du nombre de logements et de la superficie par habitant, réduction de la mobilité, diminution de la consommation de viande, etc. Néanmoins, les scénarios les plus ambitieux à l'horizon 2050 aboutissent à une baisse de la demande d'énergie finale de l'ordre de 15 % par rapport à aujourd'hui[4].

À l'horizon 2030, le vecteur principal sera très certainement la substitution de capital aux énergies fossiles (y compris, donc, les gains d'efficacité énergétique), mais la sobriété peut contribuer à la baisse des émissions pour une part sans doute comprise entre 12 % et 17 %. En revanche, l'essentiel des technologies appelées à être mises en œuvre d'ici 2030 est d'ores et déjà disponible. La poursuite de gains d'efficacité est probable, mais plus en raison des facteurs d'échelle que d'innovations radicales.

---

[1] Voir AIE (2020), *Clean Energy Innovation*, Paris.

[2] Voir France Stratégie (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Sobriété*, rapport thématique coordonné par Aude Pommeret, mai ; et Giec (2022), *Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change*, Chapitre 5 : *Demand, services and social aspects of mitigation.*

[3] Voir van de Ven D.J., Gonzalez-Eguino M. et I. Arto (2018), « The potential of behavioural change for climate change mitigation: a case study for the European Union », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 23, p. 853-886.

[4] Voir le rapport thématique *Sobriété* et les travaux qui y sont recensés : scénarios négaWatt, Ademe et RTE.

CHAPITRE 5

TRANSITION CLIMATIQUE ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE : UNE QUESTION D'HORIZON

1. Soutenabilité climatique et croissance économique : un débat faussé

La question centrale, à l'horizon 2050, est de savoir s'il est possible de concilier neutralité climatique et amélioration du bien-être. C'est cette question déjà qu'a soulevée la révolte des Gilets jaunes contre la hausse de la fiscalité carbone. C'est à cause d'elle que l'administration Biden a fait le choix d'une stratégie centrée sur les subventions. C'est elle encore qui motive de longue date les réserves des pays en développement à l'égard de l'enjeu climatique.

Il ne suffit pas, pour y répondre, de démontrer que le coût économique de l'inaction climatique excède largement celui de l'action. Il faut aussi convaincre les sociétés de ce qu'elles n'ont pas à choisir entre l'avenir de la planète et leur propre bien-être ni même, à long terme, entre préservation du climat et niveau de vie.

Depuis le rapport du Club de Rome au début des années 1970, ce débat est malheureusement trop souvent posé en termes de choix entre croissance et décroissance. C'est l'approche, d'inspiration malthusienne, qui sous-tendait le rapport du Club de Rome, *The Limits to Growth,* et dont il faut rappeler la conclusion : « si les tendances actuelles de croissance de la population mondiale, de l'industrialisation, de la pollution, de la production alimentaire et de l'épuisement des ressources restent inchangées, les limites de la croissance sur cette planète seront atteintes au cours des cent prochaines années »[1]. Plus récemment, les travaux de Tim Jackson (2009) ont nourri tout un courant qui ne voit d'issue que dans la décroissance[2].

[1] Club de Rome (1972), *The Limits to Growth*, New York, Universe Books.

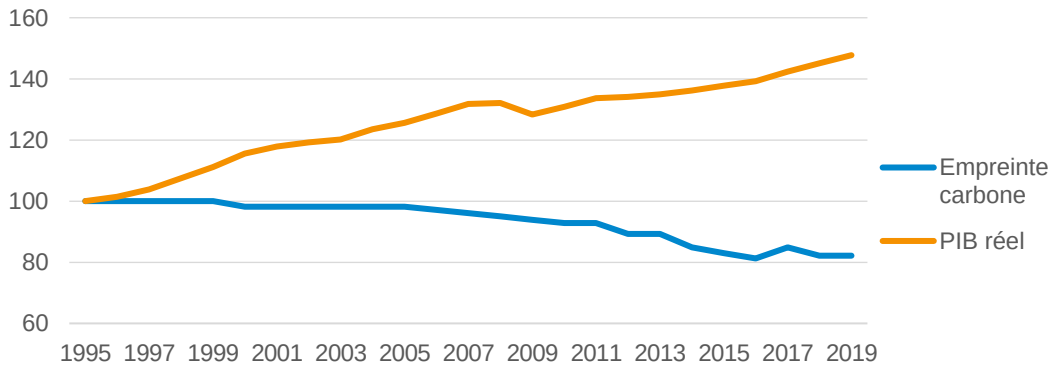
[2] Jackson T. (2009), *Prosperity without Growth*, Routledge.

Philosophiquement ou sociologiquement, il est fructueux de raisonner en ces termes, car des décennies d'expansion économique ont façonné nos perceptions et nos attentes. Nous avons longtemps cru qu'abondance et liberté allaient de pair, jusqu'à les unir dans la formule célèbre de Franklin Roosevelt, *freedom from want,* sans voir ce que cette association avait de contingent. Or, nous rappelle Pierre Charbonnier, « ce sont les cendres de la liberté industrielle qui s'accumulent au-dessus de nos têtes »[1]. Il est aujourd'hui indispensable de réexaminer les fondements de nos conceptions de la liberté, du progrès et du bien-être.

Économiquement, cependant, le thème de la décroissance est trompeur, car pour les pays avancés au moins, la réalité atteste qu'il est possible de découpler croissance et émissions de gaz à effet de serre (voir Graphique 6). C'est aussi socialement désastreux, car cela revient à demander à celles et ceux qui ont du mal à boucler leurs fins de mois de se serrer davantage la ceinture au nom de finalités supérieures[2]. C'est surtout une voie sans issue : si, en effet, l'objectif est bien de ramener les émissions nettes à zéro, y parvenir par la seule décroissance supposerait d'annuler la majeure partie des gains de revenu réel des derniers siècles. Nul n'imagine que ce soit possible, ni même souhaitable.

L'impératif de la préservation du climat ne nous contraint pas *ipso facto* à renoncer à la croissance. Il nous oblige en revanche à trouver les voies d'une nouvelle croissance qui prenne en compte la finitude de la planète et donc les externalités environnementales des choix individuels et collectifs.

Graphique 6 – PIB réel et émissions de gaz à effet de serre, France, 1995-2019 (base 100 = 1995)



Lecture : malgré une progression du PIB de près de 50 % entre 1995 et 2019, l'empreinte carbone de la France a diminué de près de 20 % sur la même période.

Source : ministère de la Transition écologique et Insee

[1] Charbonnier P. (2020), *Abondance et Liberté*, Paris, La Découverte.

[2] On reviendra au Chapitre 9 sur les enjeux d'équité de la transition climatique.

2. Neutralité carbone et croissance économique : que peut-on attendre ?

Ce n'est pas par la décroissance qu'on atteindra la neutralité climatique. C'est certes en mobilisant les marges de sobriété, mais surtout en décarbonant l'énergie par la substitution de capital aux énergies fossiles et en réorientant le progrès technique vers les technologies vertes. Or si ces mécanismes peuvent – on va y revenir – ralentir temporairement la croissance, il n'y a pas de raison forte de penser qu'ils vont avoir des effets permanents sur l'évolution du potentiel économique.

Commençons par la substitution de capital aux énergies fossiles. Pour l'essentiel, ce mécanisme peut s'analyser dans le cadre d'un modèle de croissance exogène à la Solow, où le rythme du progrès technique est indépendant de l'intensité capitalistique de la production.

Dans ce modèle, il y a trois sources d'accroissement de la production par travailleur *Y/L* :

- le rythme du progrès technique exogène (γ) ;
- l'intensité capitalistique de la production *K/Y* ;
- et l'intensité en combustibles fossiles de la production *F/Y*.

Augmenter le stock de capital K pour réduire le recours aux énergies fossiles F affecte le niveau de Y, *mais pas son rythme de croissance en régime permanent, lequel est déterminé par* γ. Une fois trouvée la nouvelle combinaison productive, la seule source de croissance de la production par tête est en effet le progrès technique exogène. Le *niveau* de l'output potentiel peut être affecté, mais il n'y a donc pas de raison que le *taux de croissance* de l'économie soit durablement amoindri.

Évidemment, ce cadre de raisonnement est trop simple pour être complet. Suivant une logique schumpétérienne, la théorie moderne de la croissance endogène a mis l'accent sur l'innovation et plus spécifiquement sur l'investissement dans l'innovation, considérée comme une prise de risque. C'est dans cette logique que la réorientation du progrès technique vers l'économie de combustibles fossiles peut, elle aussi, conduire à un ralentissement temporaire du rythme de croissance. Se passer des énergies fossiles revient en effet à dévaloriser tout ou partie du stock de capital immatériel (brevets, savoir-faire) accumulé depuis des décennies et implique de réinvestir dans l'exploitation des technologies vertes[1].

[1] Voir France Stratégie (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat – Productivité*, rapport thématique coordonné par Anne Epaulard, mai.

Pour autant, rien ne dit que ces dernières soient structurellement moins productives que les technologies brunes. La bonne nouvelle des dernières décennies est au contraire qu'en matière de production d'électricité, de chauffage ou de mobilité, l'innovation verte a déjà débouché sur des technologies aussi efficaces que les brunes, ou qui le seront bientôt.

Il y a vingt ans, il n'était pas acquis que l'économie décarbonée soit aussi ou plus efficace que l'économie carbonée. Les progrès ne sont certes pas uniformes – on pense par exemple au transport aérien ou à l'agriculture. Mais ils sont suffisamment amples et se déploient sur un champ suffisamment étendu pour qu'il soit permis d'y voir la promesse d'un nouveau modèle de croissance. La grande question, pour la viabilité de ce modèle de croissance, est la disponibilité des ressources, en particulier celle des matériaux critiques. Nous y reviendrons au Chapitre 11.

Quant à la sobriété, il est difficile d'appréhender *a priori* ses incidences macro-économiques. Une moindre consommation de produits carbonés est de nature à peser sur la croissance si elle s'accompagne d'une hausse du taux d'épargne, mais pas si la contrepartie en est un report de la consommation vers d'autres biens et services. Tout dépend ensuite de la question de savoir si la production de ces biens et services s'accompagne elle-même d'une augmentation ou d'un ralentissement des gains de productivité. On ne peut pas raisonner en généralité.

3. Transition climatique et bien-être

On sait que les outils de la comptabilité nationale, à commencer par le PIB, sont mal adaptés à la mesure du progrès social, tout particulièrement dans un contexte où se posent des questions de soutenabilité environnementale[1]. Ils ne sont d'ailleurs pas faits pour cela. Contrairement aux perceptions communes, cette question est prise très au sérieux par les économistes, lesquels ne tiennent pas le PIB pour un objectif à maximiser. Ils ont développé de longue date un concept mieux taillé pour la mesure du progrès et la prise en compte des dégâts de la croissance : celui de bien-être.

Apprécier quantitativement dans quelle mesure la neutralité climatique peut s'accompagner d'une amélioration du bien-être requerrait que soient valorisés les avantages non monétaires induits par la transition. La piste est naturelle. Pour autant, les travaux

[1] Les indicateurs économiques usuels ont cependant une contribution importante à apporter au diagnostic sur l'impact de la transition sur le bien-être des ménages. C'est particulièrement vrai en ce qui concerne l'arbitrage investissement-consommation et les inégalités entre catégories de ménages. Voir le rapport thématique *Bien-être* coordonné par Didier Blanchet.

engagés dans le cadre du rapport Stiglitz-Sen-Fitoussi[1] de 2009 et ceux qui se sont poursuivis après sa publication conduisent plutôt à compléter les méthodes usuelles de la comptabilité nationale qu'à développer de véritables alternatives. Construire une mesure objective du bien-être, ou un indicateur alternatif au PIB, supposerait de pouvoir valoriser les atteintes à l'environnement, au climat et aux conditions de vie futures, y compris en termes d'espérance de vie. Cela supposerait que ces différentes dimensions puissent être ramenées à une métrique monétaire commune, ce pour quoi nous ne disposons pas et probablement ne disposerons jamais d'un système de prix incontestable.

Pour autant, les comptables nationaux ont commencé à développer des indicateurs complémentaires au PIB. Ils travaillent en particulier sur la mesure du produit intérieur net des dommages à l'environnement causés par les émissions de gaz à effet de serre (ce qui suppose bien entendu de valoriser ceux-ci)[2].

Comme le développe le rapport thématique *Bien-être*, il y a en outre de bonnes raisons de penser que la transition climatique induit des co-bénéfices non monétaires directs, distincts de l'élimination de l'externalité négative qui en est la motivation principale. On pense en particulier aux effets sur la santé de la réduction des pollutions locales, de l'évolution vers une alimentation plus saine, de la pratique de la marche et du vélo, etc. En ce cas, une mesure monétaire du bien-être qui ignorerait ces co-bénéfices fournirait un indicateur biaisé des effets de la transition vers la neutralité climatique.

Encadré 3 – Transition climatique et bien-être : questions de méthode

Les indicateurs usuels de niveau de vie, le PIB et le revenu disponible des ménages notamment, devraient rendre compte d'une partie non négligeable des effets du verdissement sur le bien-être économique, qu'ils résultent du progrès technique verdissant ou d'interventions publiques (subventions, taxes et certains types de réglementations). Ce sera le cas dès que ces effets passeront par les revenus nominaux des ménages ou la structure des prix et leur niveau général.

Cependant, ces indicateurs ne mesurent que partiellement ou pas du tout les effets en bien-être des contraintes réglementaires lorsqu'elles sont directement appliquées à ces ménages plutôt qu'aux entreprises. Ils ignoreront aussi la dépréciation des actifs bruns dont les ménages sont directement détenteurs : ces effets seront à chercher dans leur compte de patrimoine plutôt que de revenu, et les quantifier ne va pas complètement de soi. Se posera aussi la question des effets du verdissement

[1] Stiglitz J. E., Sen A. et Fitoussi J.-P. (2009), *Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social. Synthèse et recommandations*.

[2] Voir à ce propos le rapport thématique *Indicateurs et données* coordonné par Nicolas Carnot et Nicolas Riedinger ; et la note de blog de l'Insee sur « l'augmentation » des comptes nationaux.

sur le partage volume-prix des services publics en nature ainsi que celle des reports entre production marchande et production domestique (non comptabilisée).

Par ailleurs, ces indicateurs ne prennent pas en compte deux facteurs susceptibles de faciliter la transition. D'une part, certains co-bénéfices non monétaires de la transition (gains en termes de santé, de loisir, d'agrément du cadre de vie) peuvent en mitiger les coûts économiques, même s'il faut mener une réflexion sur la liste des co-bénéfices à inclure puisqu'à l'inverse d'autres éléments non monétaires peuvent accroître ces coûts. D'autre part, un consommateur attachant de moins en moins d'importance aux produits bruns sera moins affecté par la restriction de leur usage que si ses préférences restent inchangées, d'une façon imparfaitement intégrée par les indicateurs classiques.

Pour mieux prendre en compte les co-bénéfices et les changements de préférences, on peut recourir aux approches du revenu élargi ou du bien-être subjectif qui donnent une vision plus globale du bilan de la transition en termes de bien-être.

Les indicateurs de revenu équivalent ou élargi consistent à imputer des valeurs monétaires aux dimensions non monétaires du bien-être, en mesure de refléter l'importance que leur attribuent les agents. Cela permet d'éviter le recours à des tableaux de bord multicritères dont l'utilisation implique une agrégation implicite et donc peu transparente.

Le bien-être subjectif offre une métrique capable de capter les effets de facteurs de la qualité de vie non quantifiables en termes monétaires. Par exemple, la sobriété peut être favorable au bien-être si elle fait sortir d'une surconsommation génératrice d'autant de frustration que de bien-être véritable. Par ailleurs, le verdissement aura un effet positif sur le bien-être s'il permet de réduire l'ampleur du phénomène d'éco-anxiété, attesté empiriquement notamment au sein des générations les plus jeunes[1]. Dans tous les cas, pour que des effets positifs se manifestent, il faut que les individus soient passés par une phase de prise de conscience des problèmes environnementaux, et de manière générale, ce n'est pas seulement l'état instantané du climat qui influe sur le bien-être courant, mais les perspectives le concernant.

Il ne faut cependant pas oublier que, s'agissant de ces perspectives, les principaux gains à attendre du verdissement sont au profit des générations futures plutôt que des générations courantes, et dans l'ensemble des pays menacés par les désordres climatiques. Ce sont ces gains qui sont à comparer aux coûts supportés en phase de transition. Leur évaluation relève d'une problématique plus large, celle des indicateurs de soutenabilité évalués au niveau mondial plutôt que national.

[1] Clayton S. et Karazsia B.T. (2022), « Development and validation of a measure of climate change anxiety », *Journal of Environmental Psychology*, vol. 69, p. 1014-1034.

Comme cela a déjà été indiqué, il est également probable qu'une évolution des comportements de consommation en direction de la sobriété puisse s'opérer sans dégradation de l'utilité du consommateur, si les comportements énergivores résultent davantage de la force de l'habitude que d'une véritable optimisation de l'utilité sous contrainte de budget.

Le rapport thématique *Bien-être* ouvre également une troisième et dernière piste, celle du verdissement graduel des préférences. Délicate dans son principe, parce qu'elle contrevient à l'hypothèse usuelle de stabilité des préférences, cette piste mérite d'être explorée malgré les problèmes méthodologiques qu'elle pose. Elle est d'autant plus pertinente que l'on raisonne à un horizon long et dans un cadre aujourd'hui bouleversé par l'irruption des enjeux climatiques dans notre quotidien. *A contrario*, il serait bizarre de raisonner à l'horizon 2050 en supposant que nos préférences resteront inchangées.

Encadré 4 – Mesurer pour agir : les chantiers statistiques de la transition climatique

Le suivi et l'évaluation macroéconomique de la transition climatique induisent des besoins statistiques spécifiques et appellent un investissement proportionné de la statistique publique.

Le premier besoin concerne la mesure des émissions de gaz à effet de serre. Deux concepts, complémentaires, méritent un égal intérêt en la matière :

- l'inventaire, qui recense les émissions qui ont lieu sur le territoire français ;
- l'empreinte, qui vise à mesurer toutes les émissions liées à la demande finale intérieure française, que les biens ou services soient produits en France ou importés.

Il convient d'accorder une forte priorité aux développements en cours visant à améliorer la méthodologie d'estimation de l'empreinte et à accroître les possibilités de croiser les statistiques d'émissions et d'empreinte avec d'autres données économiques.

Au-delà de ces avancées attendues à court terme, se pose en deuxième lieu la question d'une exploitation à des fins statistiques des comptabilités carbone privées. Les « bilans carbone » réalisés à l'heure actuelle par les grandes entreprises sont encore relativement hétérogènes et difficiles à agréger entre eux. Même si la réflexion en cours sur des normes de *reporting* climat (ISSB S2) est une première étape vers la réduction de l'hétérogénéité, il faudra sans doute attendre la collecte de suivis comptables plus systématiques et susceptibles d'être agrégés (poids carbone associés aux factures) pour offrir une base solide à la construction d'une comptabilité carbone et à l'analyse économique.

Troisièmement, une réflexion devra être menée sur l'intérêt et la qualité des statistiques infra-annuelles d'émissions. Elle devra établir si leur objectif est d'apporter un contenu informatif réel, et dans ce cas préciser celui-ci, ou s'il s'agit simplement de communiquer vis-à-vis du public à une périodicité comparable aux indicateurs conjoncturels usuels.

Quatrièmement, la répartition des émissions par ménages doit aussi être améliorée, les méthodes actuelles reposant sur des hypothèses trop simplificatrices, comme la proportionnalité des émissions d'un produit à la dépense sur ce produit.

Cinquièmement, projeter l'économie dans des scénarios différenciés en matière d'effort d'atténuation ou de répartition de cet effort requiert par ailleurs d'adapter l'observation de certaines grandeurs, et en premier lieu de l'investissement. Au-delà de la qualification en *vert* ou *brun*, l'enjeu est d'observer, dans chaque secteur, l'investissement suivant une catégorisation représentative de leurs performances en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de lier données physiques et données monétaires, afin d'en inférer des coûts unitaires. Le service statistique public publie déjà beaucoup de données pertinentes à cet égard, mais catégories sont évolutives, ce qui a conduit des organismes comme I4CE à produire des données qui auraient pu relever de la statistique publique.

Sixièmement, la question de la mesure des prix demande la plus grande attention. Par exemple, les ménages doivent débourser plus pour acquérir un véhicule électrique qu'un véhicule thermique, mais les indices de prix usuels ne captent pas ce surcoût car la voiture électrique est considérée comme un nouveau produit de qualité supérieure. Il faudra quantifier les effets en jeu (en tenant compte de ce que, à l'inverse, le coût à l'usage de l'électrique est moindre).

Septièmement, sur le plan de la performance macroéconomique, des indicateurs de synthèse tenant compte de la contrainte de soutenabilité climatique peuvent être élaborés en corrigeant les indicateurs usuels de la comptabilité nationale au titre des coûts entraînés par les émissions de gaz à effet de serre. L'épargne nette ajustée (ENA) donne une indication relative à la soutenabilité, tandis que le produit intérieur net ajusté (PINA) rectifie la mesure synthétique de la performance économique qu'est le PIB afin de tenir compte des limites induites par la soutenabilité climatique. De tels indicateurs, auxquels réfléchit l'Insee, apportent une information parlante de nature à modifier le message des indicateurs usuels. Ils sont cependant de nature encore expérimentale, et posent en particulier la question délicate de la valorisation des émissions de gaz à effet de serre.

DEUXIÈME PARTIE

LA DÉCENNIE DE TOUTES LES DIFFICULTÉS

CHAPITRE 6

FAIRE EN DIX ANS CE QU'ON A PEINÉ À FAIRE EN TRENTE

1. Un rythme très soutenu de baisse des émissions

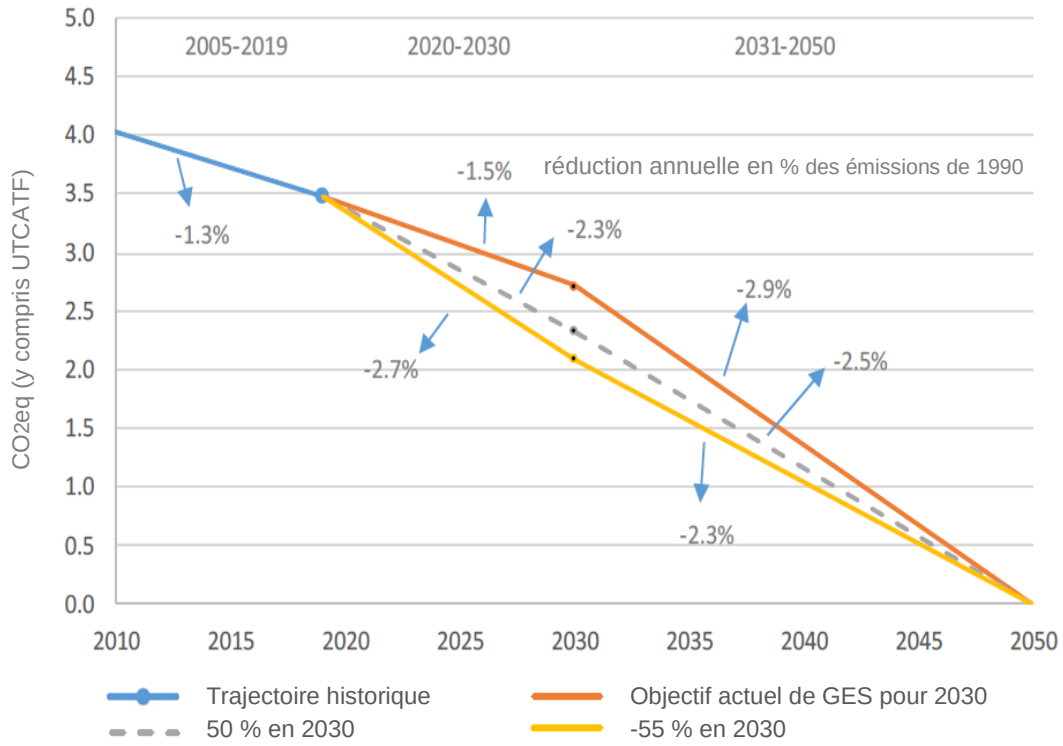
La loi européenne sur le climat a fixé pour l'ensemble de l'Union les volumes d'émissions de gaz à effet de serre à respecter en 2030[1]. L'objectif est ambitieux : atteindre la cible suppose de faire plus que doubler le rythme de baisse des émissions par rapport à la période 2010-2020 (voir Graphique 7 page suivante). Cet effort d'ensemble est ensuite décliné par État membre pour les secteurs non couverts par le marché des quota, essentiellement en fonction de leur niveau de développement et accessoirement en fonction des coûts moyens d'abattement[2].

Dans le cadre de la stratégie commune Fit for 55 (voir Encadré 5 page suivante), il revient ensuite à chaque État membre de définir ses propres objectifs sectoriels et de mobiliser les instruments correspondants, en complément des mesures prises au niveau européen. Les États conservent donc, en partie, le choix des objectifs intermédiaires : ils peuvent, par exemple, arbitrer entre électrification et sobriété, ou entre modernisation de la flotte de véhicules et rénovation thermique des bâtiments. Ils peuvent aussi choisir le rythme de baisse de leurs émissions, pourvu que l'objectif 2030 soit respecté.

[1] La loi a été adoptée le 24 juin 2021.

[2] Voir le règlement sur la répartition des efforts (Effort-Sharing Regulation), qui couvre environ 60 % des émissions communautaires (les secteurs SEQE ne sont pas concernés puisque couverts par un mécanisme commun). Par rapport à 2005, les réductions d'émissions attendues pour 2030 s'étagent de 10 % pour la Bulgarie à 50 % pour l'Allemagne.

Graphique 7 – Trajectoires de réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'Union européenne dans le cadre du paquet Fit for 55



Lecture : pour atteindre la cible d'une réduction de 55 % des émissions européennes de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990, l'Union européenne doit réduire ses émissions de 2,7 % par an, contre 1,3 % sur la période 2005-2019.

Source : Commission européenne (2020), Stepping up Europe's 2030 climate ambition, Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people, Impact Assessment, p. 9

Encadré 5 – Le paquet « Ajustement à l'objectif 55 » (*Fit for 55*)

Le 14 juillet 2021, la Commission européenne a proposé un paquet de 13 mesures juridiquement contraignantes (5 directives et 8 règlements) intitulé « ajustement à l'objectif 55 » dans l'objectif de réduire d'ici 2030 les émissions de gaz à effet de serre de 55 % par rapport au niveau de 1990. En leur état actuel, les textes adoptés ou en voie d'adoption comprennent les principales dispositions suivantes :

- renforcement des dispositions relatives au système d'échange de quota d'émission (SEQE) actuel de l'UE (qui couvre les secteurs de l'énergie, les industries intensives en énergie et l'aviation commerciale), par la réduction plus rapide du plafond, la suppression progressive des quota gratuits (y compris pour l'aviation) et l'abondement du fonds de modernisation et du fonds

innovation ; élargissement graduel du champ du SEQE actuel au transport maritime entre 2024 et 2026 (adopté en avril 2023) ;

- création d'un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) en contrepartie de la suppression de l'allocation de quota d'émission gratuits dans le cadre du SEQE, avec une montée en charge progressive entre 2026 et 2034 (adopté en avril 2023) ;
- création d'un nouveau système d'échange de quota pour les secteurs du bâtiment et du transport routier, pour une mise en pratique à partir de 2027 ou 2028. Le prix du carbone sur ce nouveau système sera initialement plafonné à 45 €/t (adopté en avril 2023) ;
- création d'un Fonds social pour le climat en lien avec ce nouveau système d'échange de quota, qui vise à en atténuer les incidences sociales et distributives au sein des pays et entre les pays. Il sera financé par les recettes de ce nouveau système d'échange, jusqu'à 65 milliards d'euros sur la période 2026-2032, qui peuvent être complétées par des contributions nationales (adopté en avril 2023) ;
- renforcement des objectifs 2030 (de -29 % à -40 % par rapport à 2005) concernant la répartition de l'effort dans les secteurs couverts ni par le SEQE1 ni par le règlement sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie (UTCATF) (adopté en mars 2023) ;
- renforcement de l'objectif d'absorptions nettes du secteur de l'UTCATF (i.e. du puits carbone), à au moins 310 millions de tonnes équivalent CO_2 par an d'ici 2030 (34 Mt CO_2e pour la France) (adopté en 2023) ;
- rehaussement de l'objectif de part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie de l'UE à l'horizon 2030, à au moins 42,5 % (contre 32 % dans la directive antérieure) (en cours, accord provisoire en mars 2023) ;
- révision de la directive relative à l'efficacité énergétique, pour porter l'objectif d'amélioration de 32,5 % à 38 % pour la consommation finale d'énergie à l'horizon 2030 (en cours, accord provisoire en mars 2023) ;
- révision des législations visant l'accélération du déploiement de points de recharge et de points de ravitaillement en carburants alternatifs pour les voitures, les avions et les navires (en cours, accord provisoire en mars 2023) ;
- interdiction à partir de 2035 de vendre des voitures et camionnettes neuves émettant du CO_2 (avec des objectifs intermédiaires de réduction de leurs émissions) (adopté en mars 2023) ;

- révision de la directive sur la taxation des produits énergétiques et de l'électricité pour l'aligner sur les politiques de l'UE en matière d'énergie, d'environnement et de climat (en discussion, proposition de la Commission non adoptée en décembre 2022) ;
- obligation d'incorporation d'une part minimale de « carburants durables d'aviation » dans les carburants mis à disposition des aéronefs dans les aéroports de l'UE, à compter de 2025 (en cours, accord provisoire en avril 2023) ;
- fixation d'un seuil maximal d'intensité en GES des carburants utilisés dans le transport maritime, qui sera progressivement abaissé afin de conduire à une réduction de 75 % d'ici 2050 (en cours, accord provisoire en mars 2023) ;
- obligation de neutralité carbone pour les bâtiments neufs à l'horizon 2030 et introduction de normes de performance énergétique pour les bâtiments existants (en cours, accord du Conseil en octobre 2022).

En France, la Stratégie nationale bas carbone (SNBC 3) en cours de mise au point va donc arrêter la répartition des efforts entre les secteurs et la panoplie des instruments de politique publique associés. Elle va parallèlement fixer le mix entre vecteurs de décarbonation de la production électrique. Ce sont de vrais choix de politique publique, qui donnent lieu à de vifs débats et seront formalisés *in fine* dans la loi de programmation énergie climat (LPEC) votée par le parlement (voir Encadré 6).

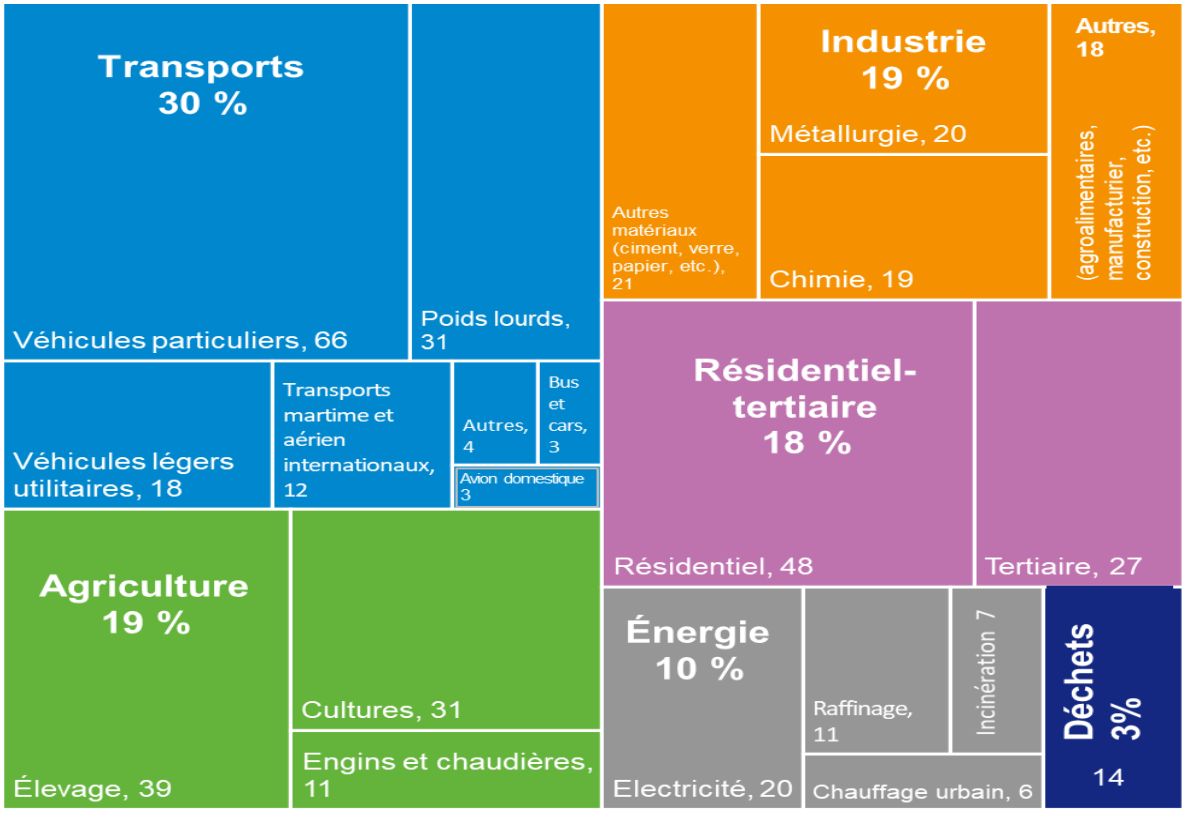
Encadré 6 – Principaux textes législatifs et réglementaires français

- Loi énergie-climat (2019) : fixe l'objectif de neutralité climatique en 2050 et introduit la LPEC.
- Loi climat et résilience (2021) : mise en œuvre législative des principales propositions de la Convention citoyenne pour le climat.
- Loi de programmation sur l'énergie et le climat (LPEC) : projet de loi prévu à l'été 2023.
- Stratégie nationale bas carbone (SNBC) : introduite en 2015, en cours de révision (SNBC 3).
- Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

2. Tous les secteurs devront prendre part à l'effort

Les émissions nationales de gaz à effet de serre se sont élevées à 418 $MtCO_2e$ en 2021[1]. Elles proviennent pour 30 % des transports, et pour un peu moins de 20 %, à chaque fois, de l'agriculture, du bâtiment et de l'industrie (voir Graphique 8). La répartition était en revanche sensiblement différente en 2001 : les transports comptaient pour 26 %, l'industrie pour 23 % et l'agriculture pour 17 % (voir Graphique 9). Ces émissions territoriales, conformément aux directives de la CCNUCC, ne prennent pas en compte les émissions de gaz à effet de serre dans les pays producteurs de biens importées, qui sont comptabilisées dans l'empreinte carbone (voir le rapport thématique *Indicateurs et données*).

Graphique 8 – Émissions de GES en France en 2021 (en $MtCO_2e$)



Lecture : en 2021, l'agriculture représente 19 % des émissions de gaz à effet de serre en France ; l'élevage notamment a émis 39 $MtCO_2e$ en 2021.

Source : d'après CITEPA-SECTEN, baromètre mensuel, hors UTCATF mais y.c. transports internationaux

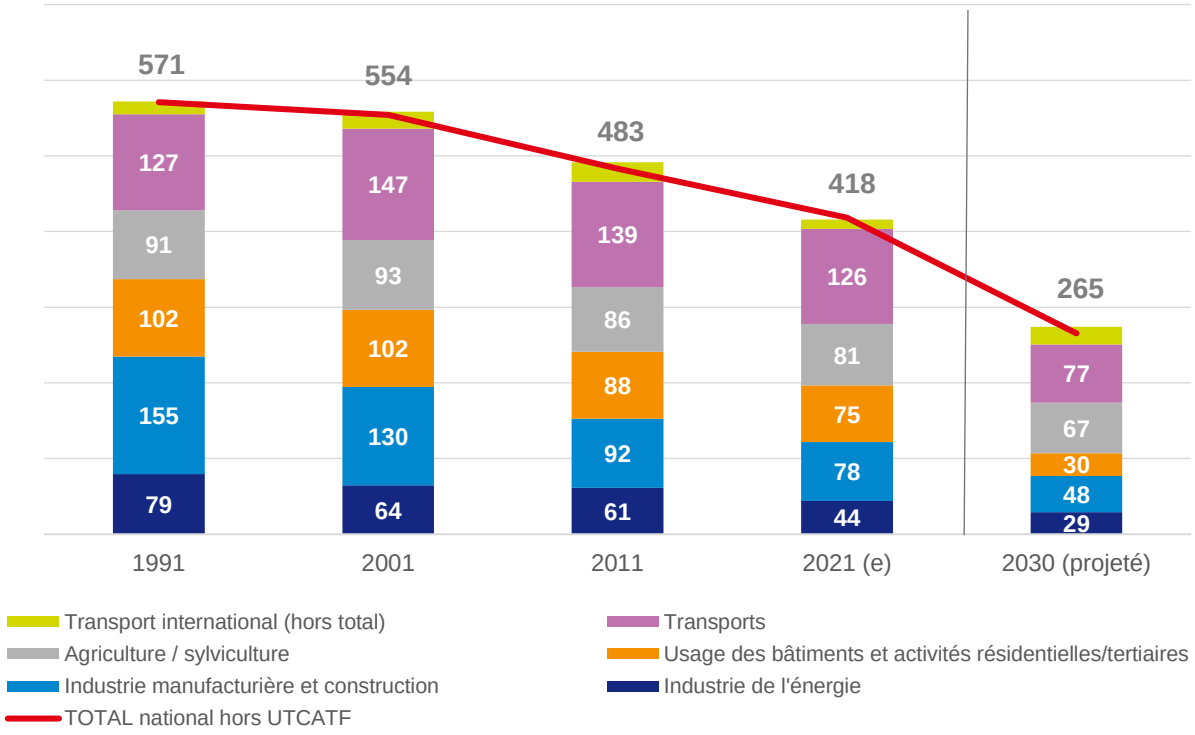
[1] Source : CITEPA, rapport national d'inventaire format SECTEN, édition juin 2022, estimation provisoire pour 2021 des émissions hors UTCATF (voir Encadré 7) (404 $MtCO_2eq$ avec UTCATF) ; les émissions sont exprimées en équivalents tonnes de CO_2, mais couvrent les émissions des GES autres que le CO_2 ; les émissions nationales n'incluent ni les émissions maritimes et aériennes internationales (12 $MtCO_2$ en 2021), ni les émissions non liées à l'activité humaine (3,5 $MtCO_2$ en 2021). Le périmètre est la métropole et l'Outre-mer UE. Pour 2022, la pré-estimation issue du baromètre mensuel du CITEPA s'établit à 408 $MtCO_2e$.

L'objectif pour 2030 de la prochaine stratégie nationale bas carbone (SNBC 3) pourrait être d'environ 270 $MtCO_2e$, soit une réduction de près de 150 $MtCO_2e$ de 2021 à 2030[1]. C'est sensiblement équivalent à la baisse des émissions territoriales observée au cours des trois décennies précédentes. En d'autres termes, l'ambition pour 2030 est de faire en dix ans ce qu'on a fait en trente ans, mais sans compter sur la délocalisation des secteurs intensifs en carbone et au contraire en réindustrialisant la France.

Cela représente un rythme de réduction de près de 5 % par an (soit -16 $MtCO_2e$), près de trois fois plus rapide que celui observé depuis 2010.

Dans certains secteurs, l'accélération requise est encore plus forte. Dans les transports, les émissions devraient ainsi être réduites d'environ 50 $MtCO_2e$ d'ici 2030, alors que la baisse de la dernière décennie, largement liée à la crise Covid, n'a fait qu'effacer la hausse des émissions enregistrée depuis 1990 (voir Graphique 9).

Graphique 9 – Émissions nationales de GES, 1991-2030 (en $MtCO_2e$)



Lecture : en 2021, les transports ont émis 126 $MtCO_2e$, contre 147 $MtCO_2e$ en 2001.

Source : Citepa édition 2022 - inventaire national d'émissions. Calculs des auteurs.

[1] Au moment de la rédaction de ce rapport, les choix relatifs à la SNBC 3 ne sont pas arrêtés. On raisonne donc ici sur des hypothèses cohérentes avec les travaux en cours, mais qui n'engagent que les auteurs du présent rapport.

Pour mieux apprécier les implications économiques de la transition vers la neutralité climatique, il est nécessaire d'examiner précisément les mesures concrètes envisagées dans chaque secteur. C'est le moyen de s'assurer que la réalité de la transition et des transformations qu'elle implique est bien prise en compte d'un point de vue économique. *A contrario*, une limite des évaluations existantes est qu'elles manquent de précision sur les mesures mises en œuvre. Cela peut être dû, notamment dans les évaluations de source internationale, à une insuffisante granularité ; mais cela peut aussi s'expliquer par une hésitation quant aux leviers à utiliser ou par la difficulté à trancher des choix délicats[1].

Les principales mesures identifiées pour atteindre les objectifs 2030 sont présentées dans le reste de ce chapitre et listées dans le tableau annexé au Chapitre 7. De façon transversale, l'intégration graduelle des transports et des bâtiments au second marché des quota européen (SEQE 2) devrait avoir pour effet une accentuation du signal-prix, si du moins elle n'est pas intégralement compensée par un allégement de la fiscalité sur les carburants.

Dans le secteur des *transports* (hors transports internationaux), qui représente plus 30 % des émissions, les véhicules particuliers et les poids lourds concentrent les trois quarts des émissions. Pour un objectif 2030 de 87 $MtCO_2e$ (soit une baisse d'environ 50 $MtCO_2e$ par rapport à 2019), la réduction des émissions pourrait être répartie entre 25 $MtCO_2e$ pour les véhicules particuliers, 12 $MtCO_2e$ pour les poids lourds et 7 $MtCO_2e$ pour les véhicules utilitaires légers[2].

Les principaux leviers pour réduire les émissions de ces trois catégories de véhicules concernent (i) l'électrification du parc, (ii) le report vers d'autres modes de transport et (iii) la réduction de la mobilité ou du transport de marchandises.

À l'horizon 2030, le premier vecteur de réduction des émissions devrait être l'électrification du parc de véhicules particuliers, pour 11 $MtCO_2e$, soit 44 % du total (voir Graphique 10). Cela requiert d'atteindre à cet horizon une cible de 15 % de véhicules électriques dans le parc (contre 1,2 % aujourd'hui), cohérente avec 66 % de véhicules électriques dans les immatriculations de véhicules neufs (contre 12 % aujourd'hui). L'électrification de la flotte de véhicules utilitaires légers pourrait également permettre de réduire leurs émissions de 3 Mt.

[1] Un exemple est le recours à des prix fictifs dans la modélisation des comportements. Si cette technique permet de représenter les effets de normes ou d'interdictions, elle revient à supposer que les changements de comportements visés par la norme se produiront bien, sans s'interroger sur les mécanismes (et blocages éventuels) associés à leur mise en œuvre.

[2] La crise du Covid a conduit à une réduction temporaire des émissions liées aux transports en 2020-2021. Pour ce secteur, l'année de référence pertinente est donc plutôt 2019. Par ailleurs, compte tenu de la hausse tendancielle spontanée des émissions dans les transports, les mesures nécessaires doivent en fait réduire les émissions de 30 Mt pour les VP, 18 Mt pour les PL et 9 Mt pour les VUL (sous l'hypothèse favorable d'une stabilité de la demande de mobilité en km par habitant).

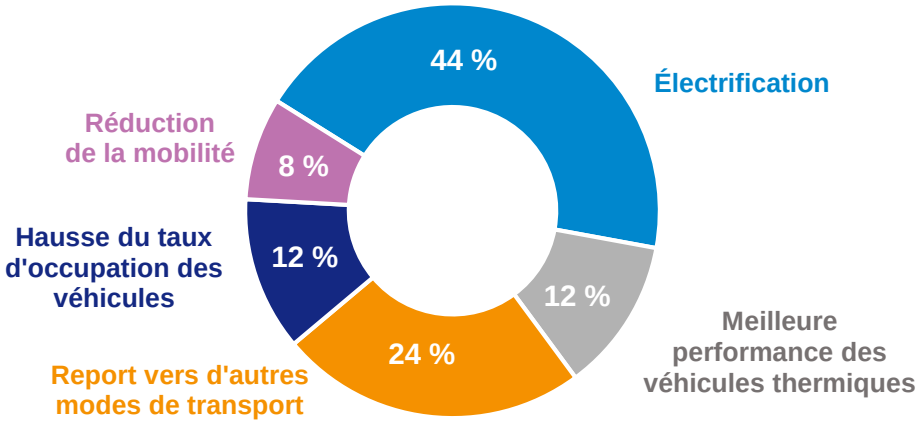
Les principales mesures visant à obtenir cette progression des véhicules électriques sont :

- les règlements européens sur les émissions des véhicules neufs (obligations pour les constructeurs de réduire ces émissions à différentes échéances, interdiction de vente de voitures thermiques en 2035) ;
- les obligations de verdissement des flottes d'entreprise (Loi d'orientation des mobilités) ;
- le ciblage des aides à l'achat de véhicules électriques (prime à la conversion et bonus/malus écologique) vers les véhicules électriques ayant une empreinte à la construction plus faible ;
- la construction d'infrastructures de recharge.

Le deuxième vecteur est la moindre utilisation de la voiture, qui s'opère par le report vers d'autres modes de transport (-6 $MtCO_2e$) et par la hausse du taux d'occupation des véhicules (-3 $MtCO_2e$). Mais ces deux leviers supposent de modifier les pratiques pour contrer la hausse tendancielle du trafic en véhicules particuliers (d'environ 0,75 % par an entre 2012 et 2019) : sont à encourager l'usage du vélo ou des transports en commun pour les déplacements domicile-travail, le report modal sur le train pour les vacances et le week-end. Ces changements de comportement requièrent évidemment le développement d'infrastructures adaptées (pistes cyclables et parkings à vélo) et l'amélioration des services de transports en commun.

Le troisième vecteur est la réduction de la mobilité, qui relève clairement de la sobriété. Celle-ci, qui interviendrait pour 2 $MtCO_2e$, peut venir, pour les véhicules particuliers, du développement du télétravail, du choix d'un tourisme plus local ou du réaménagement des espaces de vie en vue de réduire certains déplacements.

Graphique 10 – Contributions à la baisse des émissions des véhicules particuliers, 2019-2030



Lecture : la réduction de la mobilité entre 2019 et 2030 pourrait contribuer à la baisse des émissions des véhicules particuliers à hauteur de 8 %.

Source : calcul des auteurs

Pour les poids lourds, la réduction des émissions d'ici 2030 passe aussi par l'électrification progressive du parc[1] – 35 % des ventes et 7 % du parc électrique en 2035 permettraient une réduction de 2 $MtCO_2e$ –, mais elle repose davantage sur les autres leviers et notamment sur les gains d'efficacité énergétique des véhicules thermiques (4 $MtCO_2e$). De même, le report modal vers le fret ferroviaire et fluvial pourrait réduire de 4 $MtCO_2e$ les émissions des poids lourds. Quant à la réduction de la demande de transport, elle proviendrait du développement des circuits courts, de la baisse de la construction neuve et d'une logistique plus durable.

L'industrie, avec 78 $MtCO_2e$ en 2021, est le secteur qui a le plus contribué à la réduction des émissions depuis 1990, avec un recul de -1,5 % par an en moyenne, en partie sous l'effet de la désindustrialisation. La baisse supplémentaire nécessaire à l'horizon 2030 serait de 30 $MtCO_2e$, soit -4,3 % par an. Cela représente un effort considérable, surtout si l'on prend en compte la volonté aujourd'hui affirmée de réindustrialisation.

L'industrie est couverte depuis 2005 par le marché européen de quota (ETS), dont le prix est actuellement de près de 100 €/tCO_2e, avec une suppression progressive prévue des quota gratuits (baisse de moitié en 2030, élimination totale en 2034) dans les secteurs concernés par la mise en place du mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'UE (MACF) qui couvrira le ciment, l'acier, l'aluminium, les engrais et l'électricité. C'est un premier levier de décarbonation du secteur.

Au-delà, les mesures distinguent les sites très émetteurs et le reste de l'industrie :

- les 50 sites industriels les plus émetteurs représentent 50 % des émissions du secteur. Dans le cadre de feuilles de route de décarbonation 2030 et 2050 pour chacun des sites[2], les plans France Relance puis France 2030 financent des appels à projet décarbonation à hauteur de 5,6 milliards et 1,2 milliard d'euros respectivement[3] ;

- pour l'industrie diffuse, la poursuite des appels à projet décarbonation, la montée en puissance des certificats d'économie d'énergie (CEE) qui atteindraient 27 €/kWh en 2050 et du Fonds Chaleur dont le budget atteindra 1 milliard d'euros dès 2027 concourent à décarboner les sites de plus petite taille[4].

[1] Au-delà de 2030, d'autres vecteurs énergétiques (hydrogène) pourraient être utilisés pour les transports à longue distance.

[2] Et des feuilles de route des comités stratégiques des filières les plus émettrices (chimie, ciment, métallurgie et agro-alimentaire).

[3] DGE (2023), « L'action de l'État en faveur de la décarbonation de l'industrie », *Thémas de la DGE*, n° 8, mars.

[4] Les certificats d'économie d'énergie obligent les fournisseurs d'énergie à réaliser ou financer des actions d'économie d'énergie permettant de réduire la consommation finale d'énergie. Le Fonds Chaleur, géré par l'Ademe, vise à soutenir financièrement la production de chaleur à partir d'énergies renouvelables.

Les enjeux de la transition pour l'industrie ne se limitent pas à la réduction de ses émissions : l'industrie doit également permettre le déploiement des technologies de rupture nécessaires à la transition, dans l'hydrogène (H_2) et la capture et stockage du carbone (CCS). Elle devra en outre contribuer à sécuriser l'approvisionnement en composants critiques pour la transition, comme le lithium. Elle devra aussi transformer la nature de sa production (véhicules électriques plutôt que thermiques, par exemple).

Les émissions directes liées à l'utilisation des *bâtiments* s'élèvent à 75 $MtCO_2$ en 2021, dont 48 $MtCO_2$ pour le secteur résidentiel et 27 $MtCO_2$ pour le tertiaire. L'objectif pour 2030 pourrait être de 30 $MtCO_2e$, soit une baisse de 45 $MtCO_2e$, ce qui représente un effort de -6,7 % par an, trois fois plus qu'au cours de la dernière décennie.

Au-delà de la mise en place du marché européen de quota pour les bâtiments et le transport (voir Encadré 5), l'objectif à 2030 pour le bâtiment pourrait être atteint par :

- la sortie du chauffage au fioul, qui émet 13 $MtCO_2e$ dans le résidentiel et 9 $MtCO_2e$ dans le tertiaire en 2021, avec l'interdiction d'installation de nouvelles chaudières au fioul depuis 2022 et un renouvellement anticipé des chaudières existantes d'ici 2030 ;
- la réduction du chauffage au gaz (qui émet aujourd'hui 27 $MtCO_2e$ dans le résidentiel et 14 $MtCO_2e$ dans le tertiaire), avec une sortie progressive du gaz pour les nouvelles chaudières installées ;
- une refonte des aides à la rénovation ;
- la rénovation profonde des passoires (qui émettent environ 12 $MtCO_2e$), avec l'objectif de traiter les trois quarts des passoires d'ici 2030 ;
- la mise en œuvre du « décret tertiaire »[1] assortie de contrôles et de sanctions ;
- un plan ambitieux de rénovation des bâtiments publics compatible avec la Directive efficacité énergétique ;
- des efforts d'économie d'énergie relevant de la sobriété, par la réduction des températures.

L'atteinte des objectifs de réduction des émissions du transport et de l'industrie (ainsi que le respect du « zéro artificialisation nette » à horizon 2050) nécessite aussi une inflexion du rythme de la construction neuve. Des facteurs démographiques devraient faciliter une telle évolution, qui suppose aussi une réduction du nombre de logements vacants et de résidences secondaires. En l'absence de définition des mesures associées, les effets de la transition seront toutefois fois évalués ici sans supposer d'inflexion significative du rythme de la construction neuve (voir Chapitre 7, section 2).

[1] Décret n° 2019-771 du 23 juillet 2019 ou dispositif éco énergie tertiaire (DEET), qui impose une réduction des consommations énergétiques finales de 40 % d'ici 2030 et 60 % d'ici 2050 pour tous les bâtiments tertiaires dont les surfaces d'exploitation sont supérieures ou égales à 1 000 m^2.

Le secteur de *la production d'énergie* émet 44 $MtCO_2e$ soit 10 % du total en 2021. Près de la moitié (20 $MtCO_2e$) vient de la production d'électricité, suivie par le raffinage (11 $MtCO_2e$), l'incinération (7 $MtCO_2e$) et le chauffage urbain (6$MtCO_2e$). C'est le second secteur – après l'industrie – qui a le plus contribué à la baisse des émissions depuis 1990 avec -34 $MtCO_2$, soit -1,4 % par an. Cette baisse a été permise par l'accroissement de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique, qui s'élève désormais à 19,3 %, mêrme si l'objectif de 23 % d'ENR dans la consommation d'énergie finale brute, fixé au niveau européen par les directives RED et RED II, n'a pas été respecté.

L'objectif pour 2030 pourrait être une baisse de 15 à 20 $MtCO_2e$ (-4 % à -5 % par an). Son atteinte suppose à la fois une baisse de la consommation finale d'énergie (-22 %), une hausse de la part de l'électricité et de la biomasse dans tous les secteurs et une augmentation rapide de la part des ENR dans la production d'énergie (chaleur et électricité). À cet horizon, en effet, le nouveau nucléaire ne sera pas opérationnel.

Enfin *l'agriculture* est le deuxième plus gros émetteur de gaz à effet de serre, avec 81 $MtCO_2$ en 2021 soit 19 % du total – un niveau proche de ceux de l'industrie et du bâtiment. L'objectif de réduction des émissions de l'agriculture pourrait être de l'ordre de 13 à 15 $MtCO_2e$ d'ici 2030. La transition de l'agriculture doit en outre être cohérente avec la mobilisation de la biomasse pour différents usages (puits de carbone, bioénergies, souveraineté alimentaire) : les puits de carbone absorbent ainsi 14 $MtCO_2e$ en 2021, ce qui est moins qu'en 1990 et trois fois moins qu'en 2005 (voir Encadré 7).

Encadré 7 – L'effondrement du puits de carbone forestier

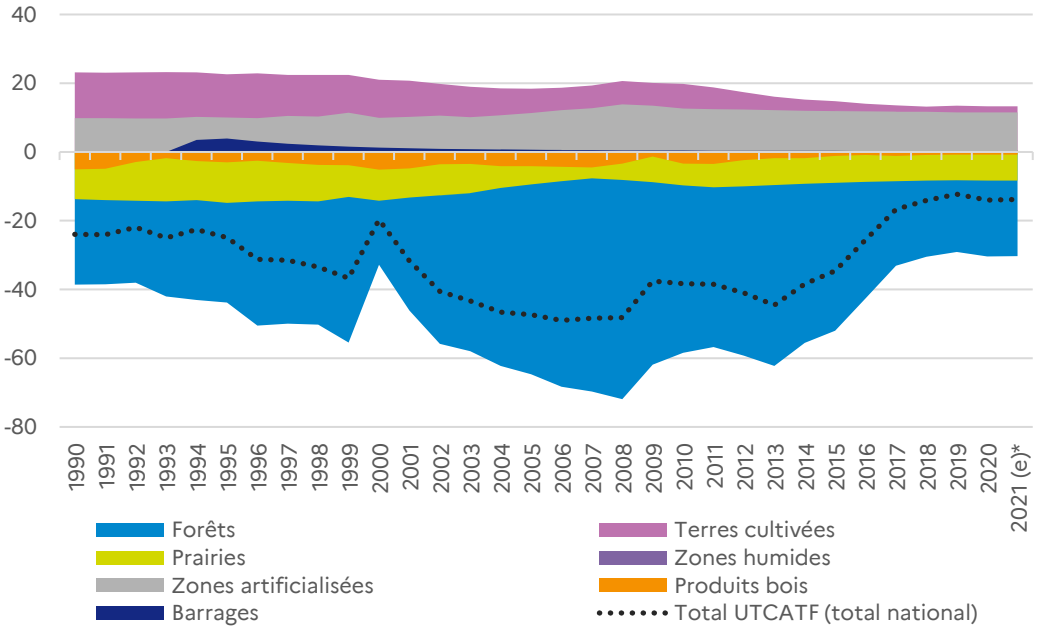
Les émissions nettes territoriales sont le solde des émissions brutes des différents secteurs et des émissions négatives des « puits de carbone ». Ces derniers résultent essentiellement de l'absorption du CO_2 par la forêt. Techniquement, ce secteur est défini comme le secteur UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie). Son bilan a connu une forte amélioration entre 1990 et 2005 (passant de -24 à -47 $MtCO_2e$), presque intégralement due à une augmentation du stockage du puits forestier liée au recul de l'agriculture au profit des surfaces boisées. Il est ensuite passé d'environ -45 $MtCO_{2e}$ au milieu des années 2000 à -35 $MtCO_2e$ en 2015. La dégradation s'est ensuite fortement accélérée. Il ne représente plus que -14 $MtCO_2e$ en 2021, principalement en raison de l'effondrement du puits de carbone forestier.

La dynamique récente s'explique notamment par la baisse de la croissance des arbres et par la hausse de leur mortalité, dues à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, des feux de forêt et depuis 2015 des maladies (dépérissement des arbres), mais également par la hausse des prélèvements (rapport Secten, Citepa 2022).

La résilience des peuplements et l'adaptation des forêts au changement climatique sont une variable clé pour limiter le surcroît d'effort demandé au reste de l'économie. En particulier, la perte d'efficacité du stockage naturel imposera des réductions supplémentaires d'émissions ultimes qui seront d'autant plus difficiles à abattre que les secteurs seront décarbonés.

À titre illustratif, si la dégradation du bilan du secteur de 21 $MtCO_2e$ entre 2015 et 2021 venait à être compensée uniquement par le renouvellement forestier (de nombreux autres leviers forestiers pouvant être mobilisés), les coûts d'investissements supplémentaires nécessaires pourraient atteindre un total d'environ 20 milliards d'euros d'ici 2030[1]. Cette estimation ne tient pas compte de la mortalité forestière et de l'adaptation des essences au changement climatique et ne modélise pas finement la variété des différents types de sols étant amenés à être renouvelés.

Graphique 11 – Émissions du secteur UTCATF en 1990 et 2021, en $MtCO_2e$



* Les émissions 2021 sont une estimation provisoire. *Source : Citepa 2022, périmètre Secten.*

Lecture : en 2008, les forêts ont absorbé environ 60 $MtCO_2e$, contre 30 $MtCO_2e$ en 2020.

Note : les variations brutales de 1999 et 2009 sont liées aux dégâts des tempêtes.

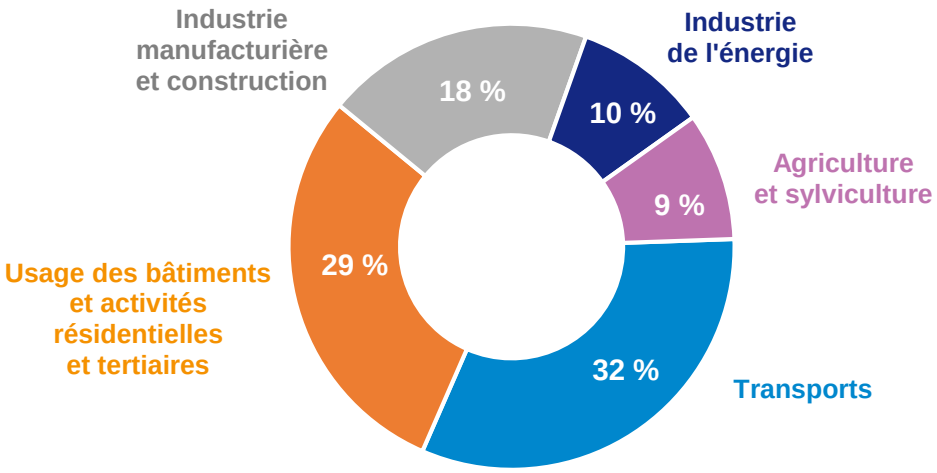
Source : DG Trésor

[1] Sur la base d'un facteur de stockage dans les sols de 0,8 tCO_2/ha/an pour une conversion de cultures vers des terres forestières d'une durée de transition de vingt ans et en considérant un potentiel de stockage identique dans la biomasse aérienne : voir INRA (2020), *Stocker du carbone dans les sols français, Rapport scientifique*, décembre, p. 105, issu d'une méta-analyse de Poeplau C. et Don A. (2015), « Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops. A meta-analysis ». *Agriculture Ecosystems & Environment*, vol. 200, p. 33-41.

Les trois vecteurs de réduction des émissions dans l'agriculture sont (i) les émissions de méthane de l'élevage, (ii) les émissions d'oxyde d'azote des grandes cultures et (iii) les émissions de CO_2 des engins et chaudières agricoles. Les principaux leviers sont détaillés dans le Tableau 2 en fin de Chapitre 7. Ils reposent beaucoup sur des changements de comportements et de pratiques de production (alimentaires, cultures bio)[1].

Au total, le détail sectoriel confirme que l'objectif 2030 est très ambitieux et que son atteinte requiert une rupture immédiate avec les tendances du passé. Il ne s'agit de rien moins qu'une révolution des comportements de consommation et des modes de production.

Graphique 12 – Répartition par secteur de la réduction des émissions entre 2021 et 2030, en $MtCO_2e$



Lecture : le transport pourrait contribuer à la baisse des émissions entre 2019 et 2030 à hauteur de 32 %.

Source : Citepa édition 2022 - inventaire national d'émissions et calculs des auteurs

3. D'ici 2030, la réduction des émissions proviendra d'abord de la substitution de capital aux énergies fossiles

Il est intéressant d'examiner les efforts à fournir au prisme des mécanismes fondamentaux analysés au Chapitre 4 : substitution de capital aux énergies fossiles, réorientation du progrès technique et sobriété. À l'horizon 2030, la part liée à la réorientation du progrès

[1] À ces principaux secteurs s'ajoutent celui des déchets (14 $MtCO_2e$) et les transports internationaux (12 $MtCO_2e$, hors total).

technique n'est pas facile à isoler. Les investissements effectués prendront pour l'essentiel appui sur les technologies existantes – qui résultent en partie des efforts passés de réorientation. Mais les nouvelles innovations ne porteront leurs fruits qu'à une échéance plus lointaine : ce qui se prépare entre 2023 et 2030, c'est largement le portefeuille de technologies des années 2030-2040.

On peut en revanche faire le partage entre substitution de capital aux énergies fossiles et sobriété. Cette dernière, dans une acception stricte, interviendra dans les transports, le résidentiel et l'agriculture. À l'horizon 2030, compte tenu des leviers identifiés dans chaque secteur et décrits précédemment, on peut en attendre entre 16 et 23 $MtCO_2$ sur un total de 138 $MtCO_2$, soit entre 12 % et 17 % (voir le tableau annexé au Chapitre 7). C'est dire que l'essentiel de l'effort passera par la substitution de capital aux énergies fossiles.

Qui dit substitution de capital aux énergies fossiles dit effort d'investissement. C'est celui-ci qu'il nous faut détailler maintenant.

CHAPITRE 7

UN EFFORT D'INVESTISSEMENT IMPORTANT EST NÉCESSAIRE

1. Le supplément d'investissement pourrait dépasser deux points de PIB par an en 2030

Récapitulons :

– atteindre l'objectif 2030 exige de réduire les émissions de 150 $MtCO_2e$ environ en dix ans, soit -35 % ;

– et 85 % de cet effort reposera sur une substitution de capital aux combustibles fossiles.

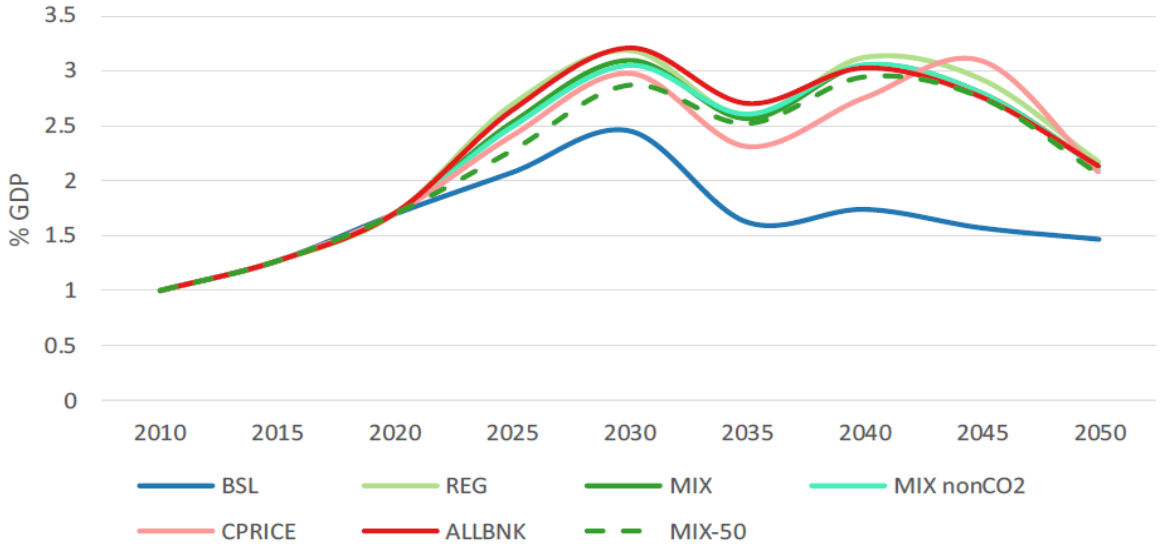
La première question est celle du montant des investissements que cette transformation va requérir. Différentes estimations des montants nécessaires pour se placer sur le chemin de la neutralité climatique en 2050 ont été effectuées pour la France, l'Union européenne, le Royaume-Uni ou d'autres pays[1]. Elles se rejoignent pour estimer l'effort requis aux alentours de 2 points de PIB d'investissement supplémentaire, en 2030[2].

À titre d'exemple, le Graphique 13 ci-dessous présente les investissements sous différents scénarios de transition étudiés dans l'étude d'impact du paquet *Fit for 55* préparée par la Commission européenne. Dans le scénario de référence (BSL), qui permet une réduction de seulement 40 % des émissions en 2030, les investissements (hors transport) augmentent d'environ 1 point de PIB entre 2020 et 2030. Dans les scénarios qui permettent de réduire les émissions de 55 % par différents leviers – règlementations (REG), prix du carbone (CPRICE) ou mix des deux (MIX) – les investissements augmentent de 0,5 à près de 1 point supplémentaire à l'horizon 2030 (voir Graphique 13).

[1] Sont ici comptabilisés comme investissements les achats de biens d'équipements durables des ménages (véhicules, chaudières, etc.) qui sont inclus dans la consommation des ménages en comptabilité nationale.

[2] Pisani-Ferry J. (2022), « The missing macroeconomics of climate action », in Tagliapietra S., Wolff G. B. et Zachmann G. (éd.) (2022), *Greening Europe's post-covid-19 recovery*, Bruegel Blueprint series, n° 32, tableau 2.

Graphique 13 – Investissements dans les systèmes énergétiques
(d'après les différents scénarios de réduction des émissions de l'Union européenne)



Lecture : dans le scénario de référence (BSL), les investissements dans les systèmes énergétiques atteindront 1,5 % du PIB européen en 2050.

Note : y compris la rénovation de bâtiments mais hors transport.

Source : Commission européenne (2020), Impact Assessment Fit for 55*,* op. cit.*, figure 11, p. 70*

Les écarts entre estimations tiennent à plusieurs facteurs : ce qui est mesuré (investissements bruts ou nets de la réduction des investissements fossiles, directs ou indirects, pour toute l'économie ou sur un champ restreint), la référence par rapport à laquelle l'effort supplémentaire est apprécié et bien sûr la nature des politiques de transition. Pour la France, à champs et concepts comparables, nous avions évalué les investissements supplémentaires nécessaires à l'atteinte des objectifs de la précédente Stratégie nationale bas carbone (SNBC 2) à environ 70 milliards d'euros 2021 par an (2,5 points de PIB) en 2030[1].

Ces montants d'investissements peuvent être obtenus de deux manières : soit, selon une approche descendante (*top-down*), par des simulations d'ensemble effectuées avec des modèles macroéconomiques sur la base d'hypothèses quant au choix des instruments utilisés (souvent, en pratique, la tarification du carbone) ; soit par l'agrégation de montants d'investissement sectoriels (approche *bottom up*). La première méthode a l'avantage d'être cohérente avec les évaluations macroéconomiques et de prendre en compte, implicitement au moins, les investissements indirects (par exemple, pour produire des véhicules

[1] Voir la note de novembre 2022, « L'action climatique : un enjeu macroéconomique », *op. cit.*, encadré 1. Y étaient comparées, après harmonisation, les estimations de l'Ademe (2022), de Rexecode (2022), de Quinet (2019) et d'I4CE (2022), ces dernières n'étant toutefois pas directement comparables aux autres.

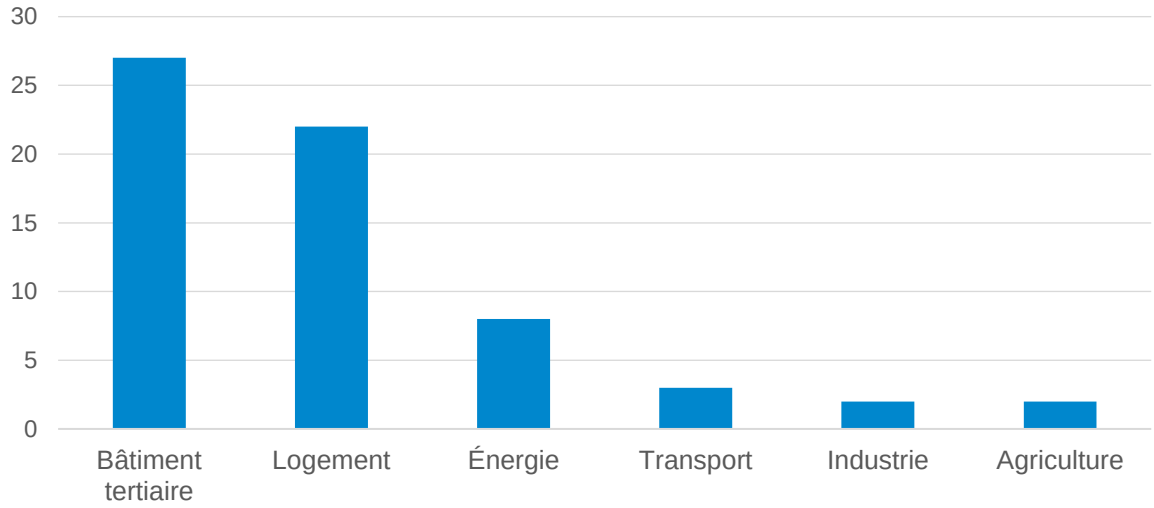
électriques plutôt que thermiques) et les effets de bouclage. En revanche, elle ne permet pas, en général, de s'assurer que les montants estimés sont bien cohérents avec les mesures précises envisagées dans chaque secteur. Parce qu'elle se fonde sur une spécification précise des mesures, la méthode *bottom up* permet une plus grande transparence sur les évolutions sectorielles, ainsi que sur le scénario de référence. En contrepartie, l'estimation des investissements indirects doit être réalisée séparément.

Pour la future SNBC 3, les mesures détaillées dans le chapitre précédent permettent de se fonder sur la méthode *bottom up* et d'aboutir à une évaluation plus précise des besoins d'investissement que ce qui avait pu être réalisé pour la SNBC 2, pour laquelle les leviers envisagés n'étaient pas toujours spécifiés. Dans les différents secteurs, les investissements nécessaires à la mise en œuvre de chacune de ces mesures sont ici estimés (par exemple, le coût du remplacement accéléré des chaudières au fioul par des pompes à chaleur). Ces montants sont ensuite comparés aux investissements qui auraient eu lieu d'ici 2030 sans la mesure évaluée (par exemple, remplacement des chaudières au fioul en fin de vie par des chaudières au fioul ou au gaz). La réduction concomitante des investissements carbonés (chaudières fioul ou gaz) est ainsi bien prise en compte.

2. Un inventaire sectoriel des investissements requis

Cette approche, qui peut être mise en œuvre dans les principaux secteurs, aboutit aux résultats résumés dans le Graphique 14.

Graphique 14 – Investissements additionnels nets requis pour atteindre l'objectif 2030,
par rapport à un scénario tendanciel sans verdissement de l'économie, en milliards d'euros de 2023



Note : le transport maritime et aérien et le secteur des déchets ne sont pas couverts ici, ce qui minore le total des investissements requis.

Source : auteurs

Dans les *transports routiers*, la transition suppose plusieurs types d'investissements : le remplacement de véhicules thermiques par des véhicules électriques plus chers, la construction de bornes de recharge, le développement d'infrastructures permettant le report vers le vélo, les transports en commun et le fret ferroviaire. L'électrification du parc de véhicules suppose par ailleurs une modification des investissements dans l'industrie automobile et dans les filières associées (batteries, etc.), qui n'est pas intégrée ici[1].

Les mesures d'électrification devraient permettre d'augmenter la part des véhicules électriques dans les immatriculations de 12 % aujourd'hui à 66 % en 2030. Même si leurs prix baissent, les véhicules électriques resteront plus chers que les thermiques, et cette substitution conduira donc à un surcoût annuel évalué à 8 milliards d'euros[2] en 2030, à nombre d'immatriculations totales inchangé[3] : les achats annuels de véhicules électriques seraient plus élevés de 28 milliards d'euros et ceux de véhicules thermiques plus faibles de 20 milliards en 2030.

Si, comme on le suppose ici, l'électrification du parc s'accompagne d'une moindre croissance des immatriculations totales[4], du fait notamment des mesures de sobriété et de report modal, les investissements en véhicules particuliers sont susceptibles d'être fortement réduits : leur montant total pourrait même être plus faible – de 8 milliards d'euros – que ce qu'il aurait été en l'absence de mesures de transition.

Des estimations similaires pour les poids lourds et les véhicules utilitaires légers conduisent à des besoins d'investissement supplémentaires nets de respectivement 2 milliards et 3 milliards d'euros en 2030, les achats de véhicules électriques ou hydrogène plus coûteux étant en partie compensés par une réduction des ventes de véhicules non électriques.

Les investissements supplémentaires en infrastructures de recharge sont estimés à 2 milliards d'euros annuels en 2030. Les dépenses supplémentaires d'infrastructures en aménagements cyclables et en transports en commun associées à la hausse des reports modaux sont estimées à 3 milliards et 1 milliard à cet horizon. Les investissements supplémentaires dans le réseau ferroviaire sont supposés être de

[1] La réduction de la mobilité liée à la densification des espaces de vie ou celle du transport de marchandises permise par la réorganisation des chaînes logistiques, qui relèvent plutôt de la sobriété, peuvent aussi nécessiter des investissements, qui ne sont pas pris en compte ici.

[2] Sauf exception signalée, tous les montants d'investissement dans ce chapitre sont en euros constants de 2023 au sens où les coûts unitaires sont maintenus constants sur la période.

[3] En supposant qu'en l'absence des mesures d'accélération de l'électrification, la part de véhicules électriques dans les immatriculations serait de 30 % en 2030, et sous l'hypothèse d'un nombre moyen d'immatriculations remontant à 2,3 millions en 2030, et d'un écart de prix d'environ 9 000 euros en moyenne sur 2024-2030.

[4] Stagnation autour de 1,8 million par an, plutôt qu'une remontée à 2,3 millions.

moins d'un milliard d'euros par an[1]. La réduction potentielle des investissements routiers n'est pas prise en compte ici[2].

Au total, les investissements liés à l'usage des transports routiers devraient augmenter d'ici 2030[3], mais pas beaucoup plus que dans un scénario sans transition, si cette dernière s'accompagne d'une réduction de l'usage de la voiture et donc des achats de véhicules neufs. L'investissement annuel supplémentaire associé aux mesures de réduction des émissions d'ici 2030 serait ainsi de +3 milliards d'euros en 2030. Notons toutefois qu'en l'absence d'une stagnation du nombre total d'immatriculations de véhicules particuliers, ce montant serait proche de 20 milliards d'euros par an en 2030, ce qui illustre la sensibilité des résultats aux hypothèses sous-jacentes.

Dans le *bâtiment résidentiel*, la transition nécessite des investissements de remplacement des vecteurs de chauffage (fioul et gaz) et d'isolation thermique. Les besoins d'investissements correspondant au remplacement des trois quarts des 3 millions de chaudières au fioul par des pompes à chaleur dans le résidentiel d'ici 2030 peuvent être estimés à près de 5 milliards d'euros par an en 2030. L'investissement supplémentaire est toutefois seulement de 3 milliards d'euros par an en tenant compte du fait qu'une partie des chaudières auraient été remplacées dans tous les cas[4]. Sous l'hypothèse que la moitié des chaudières au fioul seraient déclassées avant d'être arrivées en fin vie[5], le capital échoué correspondant serait de 4 milliards d'euros au total entre 2024 et 2031, soit 0,5 milliard par an en moyenne.

L'arrêt de l'installation de nouvelles chaudières à gaz à partir de 2026 permettrait que près d'un quart des 12 millions de chaudières au gaz résidentielles soient remplacées par des alternatives non carbonées d'ici 2030[6]. L'installation en leur place de pompes à chaleur air eau représente un investissement total de près de 8 milliards par an à l'horizon 2030[7], mais un investissement supplémentaire de 3 milliards par an[8]. Dans la mesure où ces remplacements se feraient sans anticipation, au rythme d'arrivée en fin de vie des chaudières, il n'y aurait pas ici de capital échoué associé.

[1] Toutes ces hypothèses sont issues des travaux d'I4CE, et sont reprises comme ordres de grandeur.

[2] Elle serait de moins de 2 milliards d'euros à l'horizon 2030 sur la base des travaux d'I4CE.

[3] Hausse de 13 milliards d'euros entre 2023 et 2030.

[4] L'investissement supplémentaire correspond ici à la fois au différentiel de prix et à l'accélération du remplacement.

[5] L'anticipation est de 5,8 ans en moyenne.

[6] 600 000 arrivent en fin de vie chaque année sous l'hypothèse d'une durée de vie moyenne de vingt ans.

[7] Plus précisément 8 milliards par an à partir de 2026 seulement.

[8] L'investissement supplémentaire correspond ici uniquement au différentiel de prix (13 000 euros au lieu de 8 500 euros).

Ces transformations des modes de chauffage se répercutent sur le secteur de la production et de la distribution d'énergie (gaz, fioul, électricité) et de production des équipements associés (chaudières, pompes à chaleur). Les investissements associés à la modification de la part des différentes énergies sont bien pris en compte dans le secteur de l'énergie (voir ci-dessous). En revanche, les effets sur les fournisseurs d'équipements sont plus difficiles à estimer, car ils dépendent de l'évolution de la production nationale et de la part importée de ces équipements. Ils ne sont pas comptabilisés ici.

Pour les rénovations des passoires thermiques (logements classés F et G), si les rénovations se limitent aux passoires chauffées au fioul (1,6 million) et au gaz (1,5 million)[1], le coût de l'investissement associé dépend de la profondeur des rénovations et des coûts unitaires retenus : sous les hypothèses retenues ici[2], il serait de 15 milliards d'euros en 2030, en considérant toute la rénovation de ces passoires comme de l'investissement supplémentaire lié à la transition.

L'investissement supplémentaire associé aux mesures de réduction des émissions dans le résidentiel serait donc de 21 milliards d'euros par an à l'horizon 2030.

Dans le secteur tertiaire, les investissements totaux nécessaires à la rénovation des surfaces assujetties au décret tertiaire[3], sous l'hypothèse d'un respect quasi parfait de ces obligations, pourraient conduire à des besoins d'investissements assez élevés, de près de 30 milliards d'euros par an d'ici 2030, dont environ 10 milliards pour les bâtiments publics[4]. L'investissement supplémentaire, par rapport à un scénario de référence dans lequel on suppose que ces investissements ne seraient pas réalisés serait ainsi de 27 milliards d'euros en 2030.

L'investissement supplémentaire associé à la réduction des émissions des bâtiments serait ainsi de près de 48 milliards d'euros. Ce total suppose que les rénovations de

[1] On suppose ici que seules les passoires équipées de fioul et de gaz sont rénovées, en lien avec les changements de chaudières, afin d'éviter une hausse des consommations électriques et/ou une baisse des températures.

[2] La moitié des rénovations sont vers A ou B (coût de 37 000 € en moyenne), et la moitié vers les classes C ou D (coût de 20 000 €).

[3] Pour rappel, le décret n° 2019-771 du 23 juillet 2019 ou dispositif éco énergie (DEET) impose une réduction des consommations énergétiques finales de 40 % d'ici 2030 et 60 % d'ici 2050 pour tous les bâtiments tertiaires dont les surfaces d'exploitation sont supérieures ou égales à 1 000 m^2.

[4] Les hypothèses sur les coûts dans tertiaire sont toutefois assez fragiles, mais cet étiage était déjà évoqué dans l'étude d'impact du DEET (p. 35) et il s'agit d'investissements qui ne prennent pas en compte les réaffectations éventuelles de dépenses courantes et de dépenses d'investissement faites usuellement par les détenteurs et occupants de tertiaire.

passoires et du tertiaire chiffrés ici ne se substituent pas à d'autres travaux de rénovation qui auraient été réalisés en l'absence d'effort de réduction des émissions[1].

Ces besoins d'investissement ne prennent pas non plus en compte une éventuelle réduction de la construction neuve. Si celle-ci résulte uniquement d'évolutions démographiques et non de la transition, elle ne conduira pas une réduction des investissements par rapport à un scénario de référence sans transition, même si elle peut résulter en une diminution par rapport à aujourd'hui. En revanche, si des mesures permettent de réduire le taux de logements vacants, d'augmenter le nombre de personnes par logement ou de réduire les surfaces dans le tertiaire, cela se traduira par de moindres besoins d'investissement.

Dans *l'industrie*, il est difficile d'estimer précisément les besoins d'investissements. Ceux-ci concernent d'un côté les 50 sites industriels qui concentrent la majorité des émissions, d'un autre côté, l'industrie diffuse, auxquels s'ajoutent en partie des projets liés à la réindustrialisation verte. Concernant les premiers, l'État a annoncé environ 10 milliards d'euros de soutien public (voir Encadré 8 page suivante), soit 1 milliard par an si les investissements s'étalent sur dix ans. I4CE estime de son côté entre 3 et 14 milliards les besoins d'investissement cumulés d'ici 2050 pour décarboner les sites de quatre branches de l'industrie lourde qui représentent ensemble environ la moitié des émissions industrielles (acier, ciment, alcènes et aromatiques, ammoniac).

Ces montants sont à comparer à une hausse de 5,5 milliards dans le scénario de référence. Le haut de fourchette, qui correspond à un scénario dans lequel la transition repose sur la technologie (« pari réparateur de l'Ademe »), conduit ainsi à un peu plus de 1 milliard d'euros supplémentaire par an, si tous ces investissements sont réalisés d'ici 2030. Les coûts de réduction des émissions seront toutefois plus élevés pour les nouveaux projets, qui concernent des industries difficiles à décarboner ou des technologies moins matures. Au total, les investissements supplémentaires sont supposés égaux à 4 milliards d'euros par an en 2030 par rapport à un scénario de référence sans transition.

[1] Cette hypothèse peut être discutée : I4CE considère ainsi que les rénovations liées à la transition se substitueront en partie à des travaux qui auraient été faits. Comme nous chiffrons uniquement le coût des changements de chauffage et les rénovations des 3,1 millions de passoires chauffées au fioul et au gaz, et non les travaux de rénovation de l'ensemble du parc, la possibilité de substitution nous semble plus limitée. La question est plus ouverte pour le tertiaire, sur lequel on dispose de peu d'informations.

Encadré 8 – Le soutien public à la décarbonation de l'industrie

Mesures de décarbonation de l'industrie de France Relance

Les appels à projets inclus dans le Fonds Décarbonation de l'industrie de France Relance ont permis de soutenir la décarbonation de l'industrie à hauteur de 1,3 milliard d'euros (pour 241 lauréats) pour un total d'investissements de 4,3 milliards. Ils devraient permettre de réduire les émissions d'environ 5 $MtCO_2e$/an supplémentaires, correspondant à une baisse de -6 % en 2030 par rapport à 2015, en comparaison avec l'objectif de -35 % de la SNBC 2[1].

Le coût d'abattement socioéconomique moyen de 121 projets lauréats du volet décarbonation des procédés et des utilités ressort à 26 €/tCO_{2eq}. En considérant que les appels à projet sont subventionnés par ordre de rentabilité et d'efficacité, le coût d'abattement des projets futurs à venir est attendu croissant avec la difficulté de décarbonation.

France 2030

Le plan France 2030 vise un objectif de diminution de 8 % des émissions du secteur entre 2015 et 2030 en dédiant 5,6 milliards d'euros à la décarbonation de l'industrie : 4 milliards seraient dédiés aux grands projets de décarbonation profonde et 1 milliard au déploiement des technologies bas carbone ciblées vers des acteurs de taille plus modeste ou des acteurs émergents. Comme annoncé par le président de la République, les acteurs de l'industrie pourraient bénéficier d'un doublement de ce montant sous la condition du doublement de leurs efforts de décarbonation (de -10 à -20 $MtCO_{2eq}$ d'ici 2030) avant 18 mois.

La stratégie hydrogène

Dans le cadre de sa Stratégie nationale de développement de l'hydrogène décarboné[2], le gouvernement va déployer respectivement 7 et 1,9 milliards d'euros en faveur de la production et de l'utilisation d'hydrogène décarboné dans l'industrie, en particulier l'industrie lourde (dont une partie via France 2030 et France Relance). La Stratégie a vocation à être actualisée en 2023.

Source : DG Trésor

[1] Direction générale des entreprises (2023), « L'action de l'État en faveur de la décarbonation de l'industrie », *Thémas de la DGE*, n° 8, mars.

[2] Gouvernement (2023), « Accélérer le déploiement de l'hydrogène, clé de voûte de la décarbonation de l'industrie », dossier de presse, février.

Dans *l'agriculture*, les évaluations des besoins d'investissement dans la transition environnementale sont rares. Les leviers identifiés de réduction des gaz à effet de serre (réduction des utilisations des intrants émissifs, moindres émissions de méthane des élevages, évolution du parc des engins agricoles) se déclinent en effet très différemment selon les filières agricoles. La transition écologique suppose en outre d'importants changements de pratiques (accompagnement à l'adoption de pratiques agro-écologiques, recherche et développement, etc.). L'hypothèse retenue à titre illustratif est une hausse de 2 milliards d'euros par an à l'horizon 2030.

Enfin, dans le secteur de *la production et de la distribution d'énergie*, les investissements supplémentaires sont supposés atteindre 8 milliards d'euros par an d'ici 2030, à peu près également répartis entre production nucléaire, production d'énergies renouvelables et réseaux[1].

L'ensemble des investissements supplémentaires tous secteurs confondus s'élèverait ainsi à environ 66 milliards par an à l'horizon 2030, soit 2,3 points de PIB, par rapport à un scénario sans les mesures de transition évaluées. Comme on l'a vu, cette évaluation est assez sensible aux hypothèses : si les ventes totales de véhicules particuliers continuent à augmenter (tout en s'électrifiant), le total des investissements supplémentaires pourrait être de près de 80 milliards. À l'inverse, si les investissements « spontanés » de rénovations dans le secteur tertiaire représentaient la moitié des besoins, le total serait réduit de près de 15 milliards d'euros.

Le champ couvert mérite également d'être bien précisé : il se limite aux mesures identifiées qui ont pu être chiffrées. Cette estimation n'intègre en outre :

- ni les investissements nécessaires pour produire des biens « verts » (pompes à chaleur, véhicules électriques) ;
- ni les secteurs des transports aériens et maritimes ;
- ni les investissements nécessaires pour maintenir le puits de carbone que constituent les forêts (UTCATF) et qui peuvent être importants.

Dans l'autre sens, la réduction éventuelle de la construction neuve, résidentielle et tertiaire, n'est pas prise en compte.

Par rapport aux évaluations des besoins d'investissements associés à la SNBC 2, et synthétisées dans la note de novembre[2], les montants peuvent paraître légèrement inférieurs. Toutefois, on a vu leur sensibilité aux hypothèses et les marges d'incertitude importantes. L'ordre de grandeur reste le même, et la démarche adoptée permet de disposer d'une décomposition fine, par secteur et mesures, qui permet de mieux réfléchir au financement de ces investissements.

[1] Bas de fourchette RTE, estimations Rexecode et Ademe S2 (Source DG Trésor).
[2] Pisani-Ferry J. et Mahfouz S. (2022), « L'action climatique : un enjeu macroéconomique », *op. cit.*

3. Comment et quand : la stratégie de réduction des émissions

Par quel canal et à quel rythme ces changements devront-ils s'opérer ? Dans une stratégie de pilotage par les prix, ces questions ne se posent pas. Il suffit en principe de fixer pour l'avenir une trajectoire de prix du carbone qui assure l'atteinte de l'objectif fixé. Bien entendu, quantité de problèmes doivent être résolus, même dans cette hypothèse, à commencer par le choix d'une méthode de détermination du prix optimum. Entre le coût social du carbone dérivé d'une optimisation inter-temporelle à la Nordhaus et la valeur de l'action pour le climat qui se définit, théoriquement du moins, comme le dual de la contrainte en quantité résultant de l'Accord de Paris, l'écart est considérable[1].

En pratique, l'Union européenne et la France ont adopté une stratégie mixte, qui combine réglementation, subventions et tarification du carbone. L'avantage d'une telle stratégie est d'assurer une adéquation plus directe entre objectif et moyens. Comme on vient de le voir, une estimation des investissements secteur par secteur permet en principe de s'assurer de la disponibilité des financements et ainsi de piloter la convergence vers l'objectif d'émissions. En cas d'écart, elle permet de corriger la trajectoire en amplifiant les efforts. Son inconvénient est qu'elle n'assure pas nécessairement une décarbonation à coût minimal. En effet, d'un secteur à l'autre, voire d'une année à l'autre, les coûts d'abattement peuvent différer considérablement.

Comme l'avait déjà souligné la note de novembre 2022, il importe, pour l'efficacité de la démarche planificatrice, que celle-ci prenne appui sur une explicitation des coûts d'abattement présents et anticipés, mise en regard d'une trajectoire de prix implicites du carbone. Cela permet d'informer la décision publique et d'assurer la rationalité des choix intersectoriels et intertemporels. Avec les travaux pilotés par France Stratégie (commissions Quinet et Criqui)[2] la France dispose, de ce point de vue, d'outils de qualité.

Pour autant, il importe de tenir compte des contraintes auxquelles doit satisfaire la répartition des efforts dans le temps et entre secteurs. Quand bien même la stratégie optimale serait d'attendre pour bénéficier d'une baisse anticipée des coûts d'abattement, ce n'est pas toujours réaliste. Rénover l'ensemble des passoires thermiques, changer les systèmes de chauffage et électrifier les parcs de véhicules prendra inévitablement plusieurs décennies, parce que les compétences requises pour effectuer les travaux correspondants sont disponibles en quantité limitée et que les renouvellements d'équipements sont progressifs.

[1] Pour un aperçu des débats sur ce point voir Nordhaus W. (2018), « Projections and uncertainties about climate change in an era of minimal climate policies », *American Economic Journal: Economic Policy*, vol. 10(3), p. 333-360 ; Stern N., Stiglitz J. et Taylor C. (2022), « The economics of immense risk, urgent action and radical change: towards new approaches to the economics of climate change », *Journal of Economic Methodology*, vol. 29(3), p. 181-216 ; et Quinet A. (2019), *La valeur de l'action pour le climat,* France Stratégie.

[2] Voir les travaux de la commission sur les coûts d'abattement, présidée par Patrick Criqui.

Ne pas investir dans la décarbonation du secteur résidentiel parce que les coûts d'abattement y sont plus élevés que dans l'industrie est également absurde car une baisse plus forte des émissions de l'industrie ne peut pas se substituer à une baisse dans le logement : tous les secteurs doivent participer à l'effort, et ce sans attendre.

La forme des contraintes que l'on s'impose fait elle-même question. La hausse globale des températures d'ici le milieu du siècle est fonction du flux cumulé des émissions au cours des trois décennies qui viennent. La logique aurait donc voulu qu'à l'objectif climatique de l'Accord de Paris soit associé un budget carbone (c'est-à-dire un total d'émissions cumulées à ne pas dépasser sur une période donnée). La dynamique de la discussion mondiale ne l'a pas permis. La France s'est dotée[1] de budgets carbone couvrant des périodes de cinq ans, sans s'obliger à rattraper les écarts éventuels sur les périodes suivantes, contrairement aux recommandations du Haut Conseil pour le climat[2]. Pour autant, retarder la transition pour déclasser brutalement le capital brun à l'approche de l'échéance conduirait à un choix économiquement irrationnel, comme le montre un modèle exploratoire en cours de développement à l'Insee (voir Encadré 9).

Encadré 9 – Quelques enseignements d'un modèle stylisé de décarbonation par le capital[3]

Dans de nombreux secteurs, l'électricité, l'agriculture, l'industrie, le transport ou encore le logement, la production s'appuie en grande partie sur du capital émettant des gaz à effet de serre (capital dit « brun »). Dans une perspective de transition, le capital brun devra à terme disparaître et être remplacé par du capital « vert », non émissif. La dynamique de transition d'un type de capital vers un autre devra se faire d'abord en limitant ou en arrêtant les investissements bruns, mais elle peut aussi impliquer une mise au rebut soudaine du capital brun (créant ainsi des actifs échoués).

On suppose ici que l'économie utilise deux formes de capital, l'un brun, émissif de GES, et l'autre, vert, non émissif, de façon à produire un seul bien final, selon une technologie CES (*Constant elasticity of substitution*). Cette représentation très simplifiée permet d'autoriser une substituabilité imparfaite entre les deux types de capital, reflétant, à une date donnée, et en l'absence de toute autre contrainte, la

[1] Article L222-1 A du code de l'environnement issu de l'article 173 de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

[2] Haut Conseil pour le climat (2019), *Agir en cohérence avec les ambitions*, premier rapport annuel du HCC, juin : voir la recommandation 7.

[3] Cet encadré synthétise les enseignements d'un travail de modélisation entrepris à l'Insee par Riyad Abbas, Nicolas Carnot, Matthieu Lequien, Alain Quartier La Tente et Sébastien Roux, qui fera prochainement l'objet d'une publication.

coexistence des investissements bruns et verts. À chaque date, ce qui est produit est utilisé, soit pour investir, soit pour consommer. Le niveau de consommation présent est le seul déterminant du niveau d'utilité.

Ce modèle permet d'examiner comment les trajectoires optimales de consommation et d'investissements brun et vert sont affectées par trois options de politique climatique :

- une obligation de nullité des émissions de 2050, sans contrainte pour les autres années ;
- une limite additionnelle d'émissions pour 2030, afin de représenter la stratégie européenne et française ;
- un budget carbone (limite supérieure au cumul des émissions), qui est la meilleure traduction de l'objectif international de limitation de la hausse des températures.

Ces trois options ont en commun d'imposer un verdissement intégral du stock de capital à partir de 2050. En revanche, elles diffèrent quant aux contraintes qui s'appliquent aux années antérieures et peuvent donc conduire à continuer à investir dans le capital brun avant de le mettre au rebut à l'approche de 2050.

La chronique de montée en charge des modes de production décarbonée, qui se traduit dans le modèle par la substitution du capital brun par le capital vert, dépend fortement de la spécification de la contrainte.

- Dans le cas où celle-ci prend dès la période initiale la forme d'un budget carbone, la transition implique la mise au rebut immédiate d'une partie des actifs bruns et l'arrêt de tout nouvel investissement brun. Le capital brun restant diminue ensuite par obsolescence progressive. L'investissement vert est fortement accru dès la première période et continue de progresser par la suite.
- *A contrario*, lorsque la politique climatique ne prend la forme que d'une contrainte en flux d'émissions à un horizon éloigné, ici le scénario de neutralité carbone en 2050, le cumul des émissions est à terme plus de deux fois plus élevé que dans le cas précédent. La contrainte climatique n'a que très peu d'effets pendant une décennie : l'investissement brun diminue légèrement par rapport au scénario *business as usual* (le niveau de 2019), tandis que l'investissement vert ne décolle pas. Comme la contrainte d'émissions est lointaine, cet investissement brun est pour partie naturellement déprécié avant l'horizon 2050, tandis que son supplément de productivité, cumulé sur une longue période, rentabilise l'échouage de la fraction restante et importante de capital brun juste avant l'échéance de 2050. L'investissement vert ne monte en

charge qu'un peu moins de deux décennies avant cette échéance (au début des années 2030), tandis que l'investissement brun diminue alors fortement.

- L'ajout d'une contrainte intermédiaire d'émissions en flux (scénario *Fit for 55*) permet de démarrer la transition plus rapidement qu'avec la seule contrainte 2050 mais fait apparaître un phénomène de *stop and go* : l'accumulation de capital brun repart à la hausse une fois franchie l'étape 2030. Ce scénario demeure éloigné du scénario de budget carbone en ce qui concerne le cumul des émissions sur trente ans et le profil temporel de la transition.

Tableau 1 – Principales caractéristiques des trois scénarios

	Inaction	Contrainte terminale en 2050	Contraintes en 2030 et 2050 (*Fit for 55*)	Contrainte en 2050 et budget carbone
Émissions cumulées 2020-2050	100	75	65	33
Valeur actualisée de la consommation 2020-2050	100	90	89	85

Au total, l'imposition d'une contrainte zéro émissions à partir de 2050 réduit les émissions cumulées de 25 %, et la valeur actualisée de la consommation de 10 % environ. La fixation d'un budget carbone cohérent avec les objectifs de l'Accord de Paris réduit les émissions cumulées des deux tiers et la valeur actualisée de la consommation de 15 %.

Cette observation renforce la conclusion selon laquelle le choix d'une trajectoire optimale de réduction des émissions doit prendre en compte un ensemble de contraintes, et pas seulement celle de parvenir à l'objectif de zéro émissions nettes en 2050. De ce point de vue, il y aurait utilité à ce que la France et l'Union européenne respectent non pas seulement des objectifs 2050 et 2030, mais un budget carbone, c'est-à-dire d'une contrainte sur le cumul de leurs émissions futures. Ce serait plus adéquat à l'objectif visé de limitation de la hausse des températures, et plus mobilisateur.

Annexe

Tableau 2 – Investissements supplémentaires requis pour atteindre l'objectif 2030

Mesures de réduction des émissions	Variation des émissions (en $MtCO_2e$)	Levier éco	Investissements supplémentaires (bruns et verts) par rapport à un scénario sans transition
en Mds€2023	2030 -2021		en 2030
TOTAL (sur le champ des mesures nouvelles)	**-138**		**66**
dont vert			**100**
dont brun			**-36**
TRANSPORTS * (mesures nouvelles)	**-52**		**3**
dont vert			**32**
dont brun			**-29**
Véhicules particuliers (VP)	-23		-2
Électrification du parc de VP avec réduction de la mobilité	-11	Sub. K F	-8
Pour mémoire : électrification du parc sans réduction de la mobilité		Sub. K F	8
Bornes de recharge		Sub. K F	2
Réduction de la part modale de la voiture	-6	Sub. K F	4
Infrastructures vélo			3
Infrastructures transports en commun			1
Hausse du taux d'occupation des VP	-3	Sobr.	0
Réduction de la mobilité	-3	Sobr.	0
Électrification du parc de poids lourds (PL)	-2	Sub. K F	2
Efficacité énergétique (inclus dans électrification)	-4	Sub. K F	
Report modal	-4	Sub. K F	1
Ralentissement du trafic marchandises	-5	Sobr.	0
Hausse des taux de chargement	-1	Sobr.	0
Électrification du parc de véhicules utilitaires légers (VUL)	-3	Sub. K F	**3**
Efficacité énergétique (inclus dans électrification)	-2	Sub. K F	
Maîtrise de la demande	-2	Sobr.	0
* S'ajoutent à ces mesures le rajeunissement du parc de véhicules thermiques et la hausse du taux d'incorporation de biocarburants	-6	Sub. K F	

Mesures de réduction des émissions	Variation des émissions (en $MtCO_2e$)	Levier éco	Investissements supplémentaires (bruns et verts) par rapport à un scénario sans transition
en Mds€2023	2030 -2021		en 2030
BÂTIMENT (mesures nouvelles)	**-44**		**48**
dont vert			**54**
dont brun			**-6**
Résidentiel	-28		21
dont vert			27
dont brun			-6
Réduction forte du fioul	-10	Sub. K F	3
Réduction progressive du gaz	-8	Sub. K F	3
Isolation des passoires fioul et gaz en C	-8	Sub. K F	15
Réduction de la consommation d'énergie	*-2*	Sobr.	
Tertiaire	-16		27
Réduction de consommation	*-2*	Sobr.	
INDUSTRIE (mesures nouvelles)	**-35**		**4**
Décarbonation de la production industrielle très émettrice	-23	Sub. K F	
Décarbonation de l'industrie diffuse	-12	Sub. K F	
Déploiement d'infrastructures de décarbonation		Sub. K F	
Industrialisation		Sub. K F	
ÉNERGIE (mesures nouvelles)	**0**		**9**
Renouvelables		Sub. K F	3
Nucléaire		Sub. K F	3
Réseaux		Sub. K F	4
AGRICULTURE (mesures nouvelles)	**-7**		**2**
Réduction de l'élevage	-2	Sobr.	
Réduction des engrais dans les grandes cultures	-3	Sobr.	
Décarbonation des engins agricoles	-2	Sub. K F	

Note : la mesure de réduction forte du fioul permettrait de réduire les émissions de GES de 10 $MtCO_2e$ d'ici 2030. Elle relève de la substitution de capital (K) à l'énergie fossile (F) et nécessite un investissement supplémentaire de 3 milliards d'euros en 2030. La réduction de consommation relève de la sobriété et n'appelle pas d'investissements supplémentaires. Le montant d'investissement supplémentaire en 2030 est net de la réduction concomitante des investissements dans des équipements carbonés.

Source : DGEC, calcul des auteurs – Les mesures et réductions d'émissions associées sont indicatives

CHAPITRE 8

UN IMPACT MACROÉCONOMIQUE INCERTAIN

1. L'investissement n'accroîtra pas nécessairement la production potentielle

Si des incertitudes demeurent sur leur montant exact et sur la façon dont ils seront financés, il ne fait pas de doute que la transition vers une économie moins émissive en GES nécessitera des investissements conséquents. La question des effets économiques de ce supplément d'investissement est en revanche moins tranchée. Dans la plupart des évaluations macroéconomiques, ce choc constitue un surcroît de demande, qui conduit normalement, par le jeu des mécanismes keynésiens, à une augmentation de l'activité. C'est oublier qu'il s'agit d'investissements un peu particuliers qui ne visent pas à augmenter la capacité de production de l'économie, mais à réduire les émissions de gaz à effet de serre, et peuvent de ce fait avoir des effets négatifs sur l'offre.

Trois questions, en partie liées, doivent alors être clarifiées : celle de la rentabilité de ces investissements ; celle de leur financement ; et enfin celle de leurs effets sur la productivité.

S'agissant des deux premières questions, celles de la *rentabilité* et du *financement*, elles dépendent en partie des politiques mises en œuvre pour déclencher les investissements nécessaires :

- Les contraintes imposées par les réglementations peuvent être assimilées à des prix implicites (que les agents ne payent pas mais qui déclenchent les investissements) ; mais elles ne modifient pas réellement la rentabilité des projets : l'interdiction d'installation de chaudières au fioul ou d'achat de véhicules thermiques, ou les obligations de rénovation, ne rendent pas ces dépenses plus rentables ;
- La tarification du carbone, en renchérissant les énergies fossiles, peut rendre rentables des investissements qui ne l'étaient pas avec un prix du carbone plus bas. Mais si les ménages ou les entreprises ont alors davantage intérêt à investir dans des équipements décarbonés, cela n'augmente pas pour autant leur capacité à les

financer : ils ne sont globalement pas plus riches que dans un monde sans taxation du carbone, même si les recettes de la taxe sont redistribuées ;

- Les subventions publiques à l'investissement déplacent la contrainte financière des agents privés vers l'État. Mais elles n'orientent pas nécessairement vers les investissements les plus rentables ou ayant le coût d'abattement le plus faible.

Pour ce qui est enfin de la troisième question, celle de l'impact sur la *productivité* de l'ensemble de l'économie, tout dépend du point de savoir si ces investissements sont additionnels, ou s'ils se substituent à d'autres, sans augmenter l'enveloppe totale :

- Dans le premier cas, l'impact sur la productivité pourrait être neutre ou légèrement positif. Mais un supplément d'investissement persistant de l'ordre de deux points de PIB pose des questions de capacité de financement des entreprises, des ménages et des administrations publiques ;
- Dans le second cas, le consensus est aujourd'hui plutôt que la productivité sera – transitoirement – négativement affectée par la transition, les investissements consacrés à l'efficacité énergétique se faisant au détriment d'investissements de productivité. Les ordres de grandeur sont incertains mais une perte de l'ordre d'un tiers de point par an est une approximation raisonnable (voir Encadré 10).

Au total, la transition constitue un choc d'offre négatif qui s'accompagne d'un besoin de financement d'investissements dont la rentabilité n'est pas acquise : en mettant un prix – financier ou implicite – sur une ressource gratuite (le climat), elle augmente les coûts de production, sans qu'il soit garanti que la diminution des coûts énergétiques puisse finir par les compenser, tandis que les investissements qu'elle appelle n'augmentent pas les capacités productives, mais doivent néanmoins être financés.

Encadré 10 – Quel impact de la transition énergétique sur la productivité ?

L'objectif de neutralité climatique ne peut être atteint qu'au prix d'une transformation radicale de la façon dont nous produisons, dont nous nous déplaçons, dont nous nous chauffons, dont nous consommons. Quantifier l'impact de ces transformations sur la productivité du travail (la valeur ajoutée par heure travaillée) ou sur la productivité totale des facteurs (la valeur ajoutée par unité de mix capital-travail) est crucial pour connaître le chemin de croissance économique compatible avec le respect de l'objectif[1].

[1] Les effets du réchauffement lui-même sont abordés dans le Chapitre 1 et le rapport thématique *Dommages et adaptation*.

Une revue de la littérature économique empirique et théorique sur le sujet nous enseigne qu'il est probable que la transition énergétique s'accompagne d'un ralentissement significatif de la productivité[1]. Il est difficile de chiffrer précisément ce ralentissement, notamment parce qu'il dépend des politiques mises en œuvre pour déclencher et accompagner la transition énergétique. Un chiffrage très approximatif obtenu sur données américaines retient qu'une amélioration de 1 % par an de l'efficacité de l'énergie fossile s'est, par le passé, traduite par un ralentissement de 0,1 point de pourcentage de la productivité totale des facteurs[2]. Des chiffrages basés sur des modèles calibrés sur données françaises, américaines ou mondiales confirment l'existence d'un arbitrage entre productivité et réduction de la consommation d'énergie fossile. Sur données françaises, Henriet *et al.* (2014) chiffrent ainsi que le ralentissement de la productivité pourrait être en moyenne d'un tiers de point de pourcentage par an pendant la période de transition[3].

Trois observations viennent cependant tempérer ce relatif pessimisme. Tout d'abord, les mêmes études empiriques et théoriques aboutissent à la conclusion qu'une fois la transition énergétique effectuée, la croissance de la productivité du travail (ou celle de la productivité globale des facteurs) retrouverait, voire dépasserait, le rythme observé avant la transition énergétique. Le ralentissement serait ainsi temporaire. Ensuite, un bon dosage de taxation du carbone et de subventions à la recherche peut limiter le coût en productivité de la transition énergétique. Enfin, les travaux recensés supposent généralement que l'économie produit un seul bien.

Pour arriver à ces conclusions, plusieurs types de travaux peuvent être mobilisés :

- Les chiffrages économétriques de l'impact des réglementations environnementales (comprises ici comme des normes et/ou de la taxation carbone) sur données individuelles d'entreprises ou sectorielles aboutissent désormais à la conclusion que les entreprises les plus performantes ont pu accroître leur productivité à la suite d'un renforcement de la régulation environnementale. Cela semble d'autant plus le cas que ces entreprises ont accès au crédit et qu'elles exercent leur activité dans des pays où des politiques environnementales existent déjà, de telle sorte qu'elles connaissent l'existence de technologies d'abattement. Ces résultats ne se retrouvent ni pour les entreprises des secteurs intensifs en énergie ni pour les entreprises qui ne sont pas parmi les plus performantes.

[1] Voir France Stratégie (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Productivité*, rapport thématique coordonné par Anne Epaulard, mai. Voir aussi Alestra C., Cette G., Chouard V. et Lecat R. (2020), « Long-term growth impact of climate change and policies: the Advanced Climate Change Long-term (ACCL) scenario building model », *Working Paper*, n° 759, Banque de France, avril.

[2] Hassler J., Krusell P. et C. Olovsson (2021), « Directed technical change as a response to natural resource scarcity », *Journal of Political Economy*, vol. 129 (11), novembre, p. 3039-3072.

[3] Henriet F., Maggiar N. et K. Schubert (2014), « A stylized applied energy – Economy model for France », *The Energy Journal*, vol 35(4), p. 1-37.

- Les modèles macroéconomiques de croissance endogène intégrant du « progrès technique dirigé » (Acemoglu *et al*., 2012[1]) aboutissent à des conclusions voisines. Dans ces modèles, la transition énergétique est coûteuse en termes de croissance de la productivité du fait de la nécessité d'orienter le progrès technique vers le développement de technologies vertes ou de technologies qui économisent l'énergie, plutôt que vers celles qui économisent le travail. Compte tenu des efforts passés pour améliorer la productivité des technologies brunes, la réorientation vers les technologies vertes réduit temporairement la croissance. Mais cet effet est passager et rien ne dit qu'il ne peut pas s'inverser une fois la transition achevée.
- La politique optimale consiste alors à mettre en place une tarification du carbone qui peut se suffire à elle-même (comme chez Hassler *et al.*, 2021) ou doit être accompagnée de subventions à la R & D dans le secteur des énergies ou des technologies propres (comme chez Acemoglu *et al*., 2012).
- Lorsqu'une tarification du carbone n'est pas applicable, en particulier pour des raisons d'acceptabilité politique, et que les pouvoirs publics optent pour un recours exclusif aux subventions, le coût en bien-être de la transition et son impact sur la croissance de la productivité sont plus élevés (voir par exemple Pommeret, Ricci et Schubert, 2023[2] et Bistline *et al.*, 2023[3]).

2. Les effets macroéconomiques des politiques de réduction des émissions sont difficiles à appréhender

Pour apprécier les effets macroéconomiques combinés du choc d'offre négatif et du choc de demande positif que représente la transition, ainsi que les effets d'entraînement qu'ils provoquent, il est nécessaire de recourir à des simulations réalisées à l'aide de modèles macroéconomiques. De tels travaux ont été effectués en France (pour l'évaluation de la SNBC 2), en Europe (pour l'étude d'impact du paquet *Fit for 55*) au Royaume-Uni ou à l'échelle globale. Quand elles ne supposent pas que la transition repose sur une taxation du carbone, soit explicite, soit implicite (lorsque les réglementations sont introduites sous la forme d'un prix implicite du carbone), ces analyses traitent la transition comme un choc d'investissement sans examiner la nature de cet investissement. En conséquence, elles aboutissent à une évaluation

[1] Acemoglu D., Aghion P., Bursztyn L. et Hémous D. (2012), « The environment and directed technical change », *American Economic Review*, vol. 102(1), février, p. 131-166.

[2] Pommeret A., Ricci F. et Schubert K. (2023), **«** Confronting the carbon pricing gap: Second best climate policy », à paraître.

[3] Bistline J., Mehrotra N. et Wolfram C. (2023), « Economic implications of the climate provisions of the Inflation Reduction Act », *Brookings Papers on Economic Activity*, printemps.

positive de ses impacts en termes d'activité économique ou d'emploi dans des modèles keynésiens (et quasiment nulle dans des modèles néo-classiques)[1].

Il est difficile d'évaluer l'incidence économique de la transition sans préciser d'abord les politiques qui vont être mises en œuvre pour la conduire. Pourtant, les mesures correspondantes sont loin d'être toujours explicitées dans les évaluations, sinon en termes génériques : « prix du carbone », « subventions », ou « régulations »[2]. À l'horizon 2050, il est clair que tous les choix politiques ne peuvent être arrêtés, ne serait-ce que parce que des technologies nouvelles sont susceptibles d'apparaître. Mais d'ici 2030, c'est beaucoup moins le cas.

Or supposer que l'on peut analyser les incidences économiques de la transition sans spécifier d'abord les politiques qui seront menées, comme on a parfois tenté de le faire faute de mieux, est peu satisfaisant : les incidences économiques de mesures obligeant les ménages à changer de chaudières, à se déplacer davantage en transports en commun, ou de politiques conduisant à construire des éoliennes ont en effet peu de chances d'être les mêmes.

En cohérence avec la méthode *bottom-up* adoptée pour recenser les investissements (Chapitre 7), l'approche retenue ici a donc consisté à identifier puis à simuler des mesures très précisément définies permettant d'atteindre les objectifs de la France pour 2030 dans le cadre de la future stratégie nationale bas carbone (SNBC 3) (par exemple, l'interdiction d'installer de nouvelles chaudières au fioul et leur remplacement, aidé ou non par un soutien public, par des pompes à chaleur) afin d'examiner comment elles peuvent être modélisées de la façon la plus précise possible. Le fait de raisonner sur des mesures concrètes permet comme on le verra de mieux apprécier le réalisme des effets simulés[3].

Une attention particulière a également été apportée à bien préciser le scénario de référence par rapport auquel les mesures sont évaluées : si une grande partie de la réduction des émissions est réalisée dans le scénario de référence (parce qu'il intègre les politiques déjà votées), et si on n'examine que les effets économiques d'une augmentation de l'effort, on ne mesure pas l'incidence économique totale des politiques de réduction des émissions. Cela peut notamment conduire à sous-estimer l'impact de l'investissement sur les ratios d'endettement, et donc sur la solvabilité des entreprises et des ménages. L'étude d'impact de

[1] Voir, pour la France, le *Rapport d'accompagnement de la SNBC 2* (2020) et le tableau 2 de la note de novembre, qui en résume les résultats (« L'action climatique : un enjeu macroéconomique ») ; pour l'Union européenne, l'*Impact Assessment* de la stratégie *Fit for 55* (2020) ; pour le Royaume-Uni, l'étude de *Cambridge Econometrics* pour le Climate Change Committee *Economic Impact of the Sixth Carbon Budget* (2020).

[2] Certains études prennent plus explicitement en compte les contraintes de réduction des émissions, voir par exemple pour le secteur de l'énergie : Chateau J., Jaumotte F. et Schwerhoff G. (2022), « Climate policy options : a comparison of economic performance », *IMF Working Papers*, n° 2022/242, décembre.

[3] Ces simulations ont un but illustratif et ne présument pas des choix qui seront faits dans le cadre de la SNBC 3.

la stratégie *Fit for 55* qui s'intéresse aux effets d'un effort supplémentaire retient ainsi un scénario de référence dans lequel les émissions sont déjà réduites de 40 % en 2030[1].

Pour évaluer les incidences économiques de la transition, nous tâcherons, autant que possible, de simuler les effets sur l'économie de l'ensemble des politiques de réduction des émissions. Pour piloter la politique économique et notamment asseoir des prévisions de finances publiques, c'est même d'une description de l'évolution de l'économie, et non de ses écarts à un scénario de référence (i.e. d'un compte central et non d'une variante) qu'on souhaiterait disposer, même si c'est plus exigeant et n'a pas été fait à ce stade.

Des simulations ont ainsi été réalisées par l'Ademe[2] à l'aide du modèle ThreeME[3] afin d'illustrer les mécanismes économiques en jeu au niveau national et de quantifier les effets macroéconomiques des mesures sectorielles de réduction des émissions détaillées dans le Chapitre 6. Les dimensions internationales, par exemple les effets du MACF, sont abordées dans le Chapitre 12 et le rapport thématique *Compétitivité* : il est supposé ici que nos partenaires commerciaux ne mènent pas les mêmes politiques, ce qui conduit à une dégradation du commerce extérieur. La politique monétaire est supposée réagir au surcroît d'inflation (règle de Taylor). Des scénarios complets intégrant toutes les mesures ont également été simulés, en prenant également en compte les effets potentiellement négatifs de la transition sur la productivité évoqués précédemment. On se bornera ici à détailler deux exemples de mesures afin de bien expliciter les mécanismes en jeu et leur prise en compte dans les simulations, avant de présenter une simulation complète de l'impact macroéconomique des politiques de transition.

L'interdiction de mise sur le marché de véhicules particuliers thermiques en 2035 simulée conduit bien à une accélération de la diffusion des véhicules électriques : leur part dans les immatriculations passerait de 12 % aujourd'hui à 66 % en 2030, contre 30 % en l'absence de mesures supplémentaires. Le verdissement du parc automobile est bien sûr beaucoup plus lent : la part des véhicules électriques dans l'ensemble des véhicules particuliers ne serait que d'environ 15 % en 2030.

[1] Dans les simulations présentées ici, on précisera quand une partie de la réduction des émissions est intégrée dans le scénario de référence (par exemple pour les rénovations des passoires thermiques).

[2] Gaël Callonec et Alma Monserand ont réalisé l'ensemble des simulations présentées dans ce chapitre et dans le complément *Simulations*, ce qui représente un travail considérable, réalisé dans des délais très contraints. Nous tenons à les remercier tout particulièrement pour leur implication, ainsi que pour les échanges très constructifs qui nous ont permis d'avancer collectivement sur ces questions parfois ardues de modélisation.

[3] Pour une présentation rapide du modèle ThreeME, voir par exemple l'encadré 2 du rapport thématique *Modélisation,* coordonné par Jérôme Trinh. Pour une présentation plus détaillée, voir *ThreeME V3 (2021): ThreeME Version 3 - Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy - A full description* sur le site ThreeME Model.

Une question, un peu technique, se pose sur le partage volume/prix du surcoût de ces véhicules. En comptabilité nationale, l'écart de prix entre véhicules électriques et véhicules thermiques est en effet considéré comme reflétant une amélioration de la qualité et correspond donc à une hausse du volume d'automobiles, et non à une hausse de leur prix[1]. L'idée sous-jacente est que si les consommateurs acceptent de payer plus cher, c'est bien qu'ils accordent de la valeur à la différence entre véhicules électriques et thermiques. La hausse des dépenses engendrée par l'augmentation de la part des véhicules électriques dans les ventes conduit ainsi, en comptabilité nationale, à une augmentation du volume de consommation automobile[2] et non à une hausse de son prix moyen.

Dans un contexte où c'est la réglementation qui oblige les consommateurs à se tourner vers des véhicules électriques qui ne leur procurent pas nécessairement une plus grande utilité – même si leur coût d'usage au kilomètre parcouru est plus faible –, ce raisonnement devient contestable. Pour l'évaluation des effets économiques de la diffusion des véhicules électriques, cette convention a en outre des effets peu intuitifs : elle conduit à une hausse de la demande en volume adressée au secteur automobile, sans hausse de leur prix, et donc à une augmentation de la production et de la valeur ajoutée, qui entraîne une hausse de l'emploi dans la construction automobile.

Ce résultat est assez peu conforme aux conséquences attendues de l'électrification des véhicules qui risque plutôt de conduire à une réduction de l'emploi dans le secteur. Il convient donc de neutraliser ces effets sur l'emploi par un choc positif sur la productivité du travail dans l'industrie automobile. Mais cela conduit à réduire encore les prix dans ce secteur, et ne neutralise pas les effets induits sur les autres secteurs de la hausse de la production automobile. Il serait plus satisfaisant – mais aussi plus compliqué car cela conduit à réviser le partage volume/prix de la comptabilité nationale – de modéliser le surcoût entraîné par le remplacement de véhicules thermiques par des véhicules électriques comme un choc sur le prix des intrants, en l'occurrence les batteries. Les résultats qui suivent ne corrigent donc que partiellement cet effet du partage volume/prix.

Au-delà de ces difficultés techniques, les effets macroéconomiques de la mesure dépendent *in fine* de trois facteurs :

- la capacité des ménages à financer l'achat de véhicules électriques plus chers[3],
- la part de ces véhicules (ou de leurs composants) qui est importée,
- le montant des aides publiques.

[1] France Stratégie (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Inflation*, rapport thématique coordonné par Stéphane Dees, mai.

[2] C'est-à-dire de la valeur à prix constants.

[3] Même si les véhicules neufs sont d'abord achetés par des entreprises, alors que les ménages achètent des véhicules d'occasion, la hausse des prix se répercute sur le marché de l'occasion au fur et à mesure de l'arrivée des véhicules électriques sur ce marché et elle est donc bien supportée *in fine* par les ménages.

Si les montants d'aides publiques à l'achat de véhicules électriques (bonus écologique et prime à la conversion) augmentent avec les ventes (soit une hausse de l'ordre de 5 milliards d'euros à l'horizon 2030), si les ménages peuvent financer les surcoûts (près de 10 milliards en 2030 dans la simulation malgré les aides[1]) et si les batteries ne sont pas majoritairement importées, l'interdiction des ventes peut conduire à un léger supplément d'activité (voir Graphique 15a, page suivante).

Si, à l'inverse, l'enveloppe des aides publiques est contrainte, cet effet positif est fortement réduit (Graphique 15b). Si, de plus, les ménages rencontrent des contraintes de financement (Graphique 15c), ou si les batteries sont majoritairement importées (Graphique 15d), l'effet sur la croissance peut être nul voire légèrement négatif. La réduction des émissions permise par cette mesure, prise isolément – sans prendre en compte les effets de la décarbonation de l'électricité – serait de 6 $MtCO_2e$ en 2030 et 6 $MtCO_2e$ en 2035 et 2050.

La même mesure peut donc avoir des effets très différents selon les conditions dans lesquelles elle est mise en œuvre. L'interdiction de mise sur le marché des voitures thermiques sera expansionniste si elle s'accompagne d'une politique de développement de l'industrie des batteries, si les ménages sont suffisamment aidés et s'ils peuvent puiser dans leur épargne pour absorber le surcoût associé. Elle requiert également que la reconversion des salariés se fasse sans difficultés : les effets globaux sur l'emploi sont limités (-20 000 emplois en 2032 dans le cas où les batteries sont importées), mais ils sont concentrés sur l'industrie automobile (-30 000 emplois, soit -15 % en 2033). À l'inverse, elle sera légèrement récessive si ces conditions ne sont pas réunies.

Un second exemple touche au secteur résidentiel, pour lequel deux mesures ont été simulées[2] :

– *l'interdiction d'installation de nouvelles chaudières au fioul* à partir de 2022 qui conduit au remplacement de trois quarts d'entre elles par des pompes à chaleur, largement importées ;

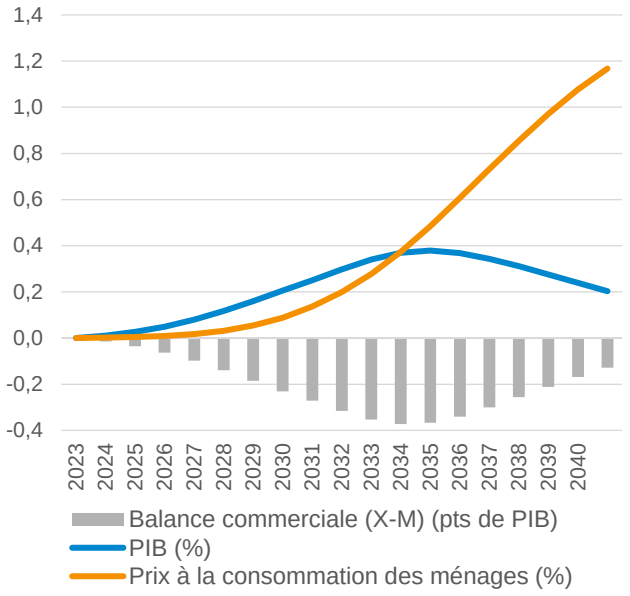
– *l'augmentation des aides à la rénovation* des passoires thermiques (MaPrimeRenov et certificats d'économie d'énergie, pour les logements de classe énergétique F ou G).

[1] Ces montants diffèrent de ceux présentés dans le Chapitre 7, car le modèle ThreeME ne retient pas les mêmes hypothèses sous-jacentes, notamment d'évolution des immatriculations totales, et intègre des effets de bouclage macroéconomique.

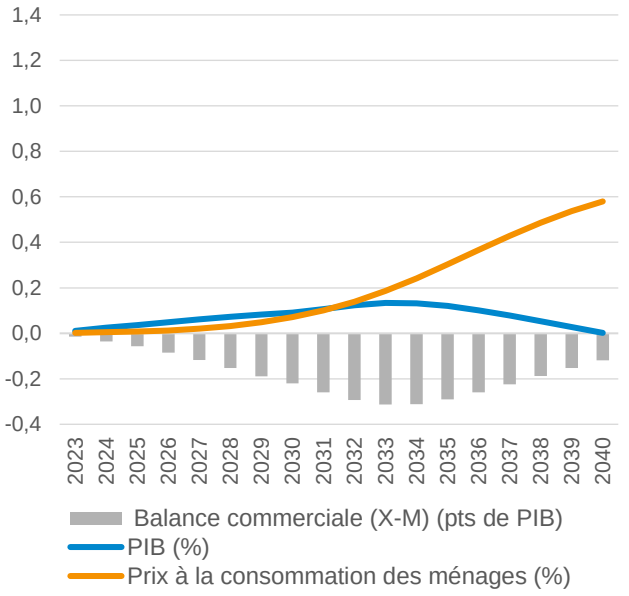
[2] Seule la première est détaillée dans ce chapitre, la seconde est présentée dans le complément *Simulations*.

Graphiques 15 – Effets macroéconomiques d'une interdiction de vente de véhicules thermiques en 2035, sous différentes hypothèses (en écart au scénario de référence)

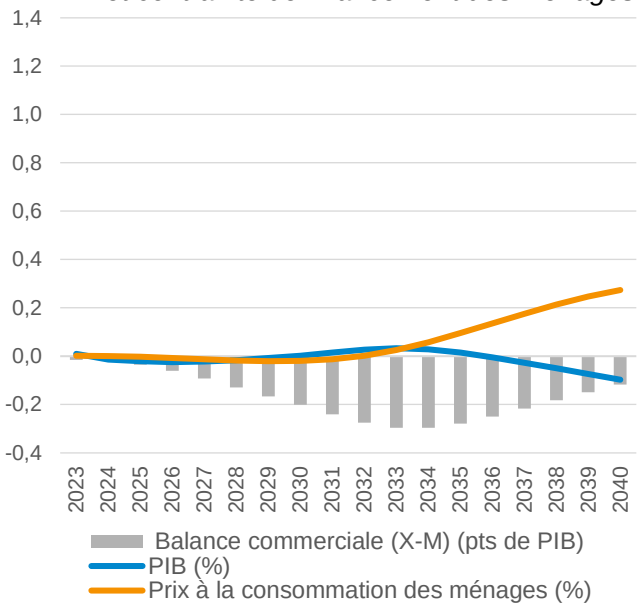
a) Sans réduction des aides ni contrainte de financement des ménages ni batteries importées



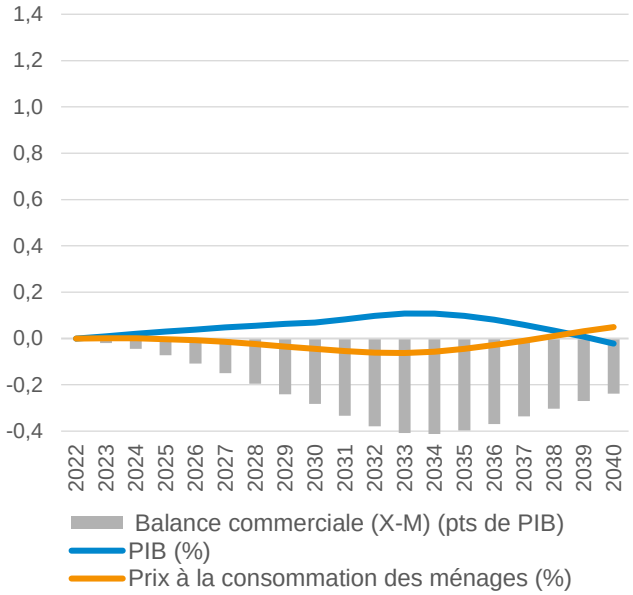
b) Avec seulement une réduction des aides



c) Avec réduction des aides et contrainte de financement des ménages



d) Avec réduction des aides et batteries importées



Lecture : si les aides à l'achat de véhicules électriques ne sont pas réduites, si les ménages ne sont pas contraints financièrement, et si les batteries de ces véhicules ne sont pas supposées importées, l'interdiction de vente de véhicules électriques en 2035 conduirait à une légère hausse du PIB, des prix plus élevés et un creusement de la balance commerciale (a). Ces effets seraient fortement atténués voire inversés si les aides sont réduites (b) si les ménages sont contraints financièrement (c), ou si les batteries sont importées (d).

Source : Ademe, simulations réalisées à l'aide du modèle ThreeME

Dans le scénario de référence utilisé dans ThreeME, en l'absence de mesures, le parc de logements fait déjà l'objet de rénovations importantes : le nombre de rénovations y qui passe de 800 000 en 2023 à 1,4 million en 2030, pour des montants annuels de travaux qui augmentent de 20 à 35 milliards d'euros. En conséquence, dans le scénario de référence, la part des passoires thermiques baisse de 13 % à 8 % entre 2023 et 2030 et atteint 2 % en 2050.

La première mesure nécessite des investissements supplémentaires d'environ 3 milliards d'euros par an d'ici 2030 (voir Chapitre 7).

Même si le parc de logements et les choix de rénovations sont modélisés très finement dans ThreeME, il a été nécessaire de modifier le modèle pour simuler le remplacement des chaudières (voir le complément *Simulations*)[1]. L'interdiction d'installation de nouvelles chaudières au fioul est ainsi modélisée par un choc sur les consommations intermédiaires en biens d'équipements du secteur de la construction (pour refléter les substitutions de chaudières par des pompes à chaleur) et sur les consommations d'énergie de chauffage des ménages, accompagnés ou non d'un choc sur les aides publiques à la rénovation, qui se retrouve dans les montants de travaux de rénovations des ménages. Cette modélisation a l'avantage sur le recours à une hausse de prix implicite du fioul de faire apparaître les besoins d'investissements associés au changement d'énergie de chauffage.

La mesure permet de remplacer les trois quarts des 3 millions de chaudières au fioul par des pompes à chaleur air-eau et ainsi de réduire la consommation de fioul pour le chauffage en 2030, en contrepartie d'une hausse de la consommation d'électricité. Cela réduit les émissions de gaz à effet de serre liées à l'usage des bâtiments de 6 $MtCO_2e$ en 2030[2].

D'un point de vue économique, l'interdiction d'installation de chaudières au fioul se traduit par une hausse de l'investissement des ménages, financée par le creusement du déficit en cas de soutien public et qui bénéficie surtout aux importations dans l'hypothèse –extrême – où toutes les pompes à chaleur seraient importées. L'effet sur le PIB, les finances publiques et le solde commercial est négatif dans un premier temps, car les pompes à chaleur sont supposées être importées (comme c'est majoritairement le cas aujourd'hui), mais s'inverse ou s'annule dans un second temps (quand les remplacements sont terminés) du fait de la réduction des importations d'énergie fossiles (voir Graphique 16 page suivante). Si les pompes à chaleur étaient produites localement, l'effet sur le PIB serait positif, ce qui réduirait la dégradation des finances publiques, et la balance commerciale se creuserait moins.

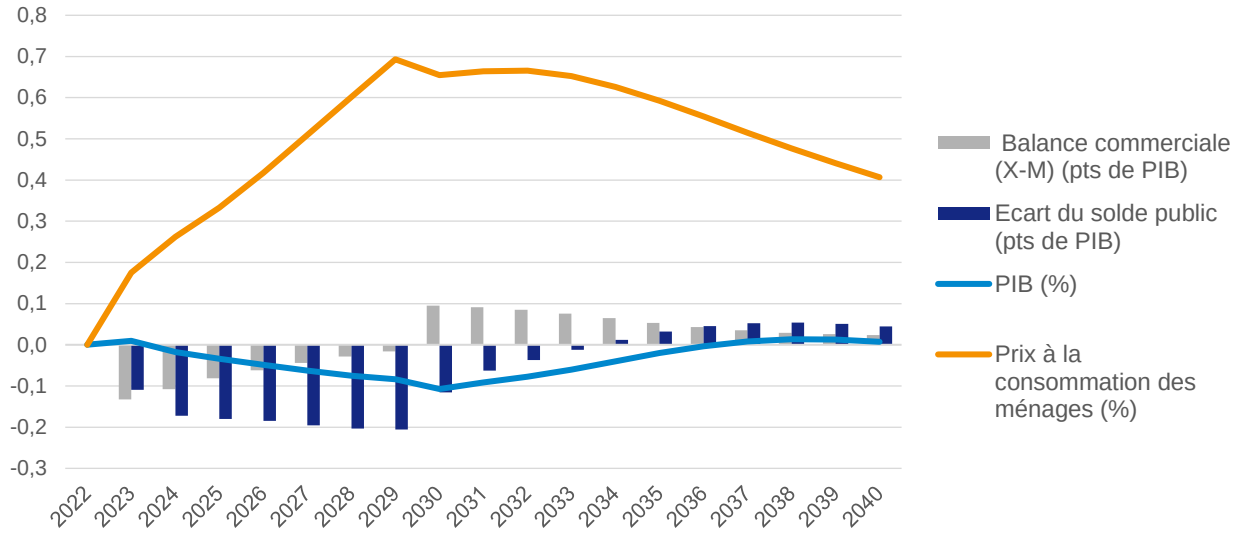
[1] Le choix de l'énergie du chauffage dépend dans ThreeME du prix relatif des énergies, qui n'est pas modifié par l'interdiction d'installation de nouvelles chaudières au fioul.

[2] Cette mesure a également un effet indirect, un peu paradoxal, sur les rénovations : l'installation de pompes à chaleur réduit les dépenses d'énergie et rend donc moins rentables certains travaux de rénovation : le nombre de logements rénovés (hors installation de PAC) et les montants de travaux de rénovations hors PAC sont ainsi plus faibles dans la simulation que dans le scénario de référence.

Qui plus est, les investissements réalisés augmentent certes les dépenses des ménages (du fait de l'achat de pompes à chaleur), mais sans améliorer leur utilité ou leur bien-être : le service de chauffage rendu aux ménages par une chaudière au fioul ou une pompe à chaleur est globalement le même[1]. Si l'État finance les aides supplémentaires aux ménages par une hausse des taxes ou par une baisse d'autres aides aux ménages, leur utilité sera même *in fine* diminuée. Il peut ainsi y avoir une déconnexion entre les effets économiques des réglementations tels qu'ils sont mesurés par le PIB ou par la consommation des ménages, et les effets ressentis par ces mêmes ménages.

Ces deux exemples illustrent la nécessité d'une approche granulaire qui permette de prendre en compte de manière fine la nature des leviers mise en œuvre et celle des mécanismes économiques correspondants.

Graphique 16 – Effets d'une interdiction d'installation de nouvelles chaudières au fioul par des pompes à chaleur importées, avec soutien public (en écart au scénario de référence)



Lecture : le remplacement des chaudières au fioul d'ici 2030 par des pompes à chaleur 100 % importées, intégralement financé par des aides publiques, dégrade légèrement l'activité et creuse initialement le déficit public et la balance commerciale. Dans un second temps, elle permet une amélioration de la balance commerciale grâce aux économies d'énergies fossiles importées.

Source : Ademe, simulations réalisées à l'aide du modèle ThreeME

La même approche a été adoptée pour l'ensemble des leviers que mobilise la transition climatique (voir Chapitre 7) :

- Mesures fiscales : SEQE 2 bâtiment transport et indexation sur l'inflation des taxes intérieures sur les consommations énergétiques après 2030 ;

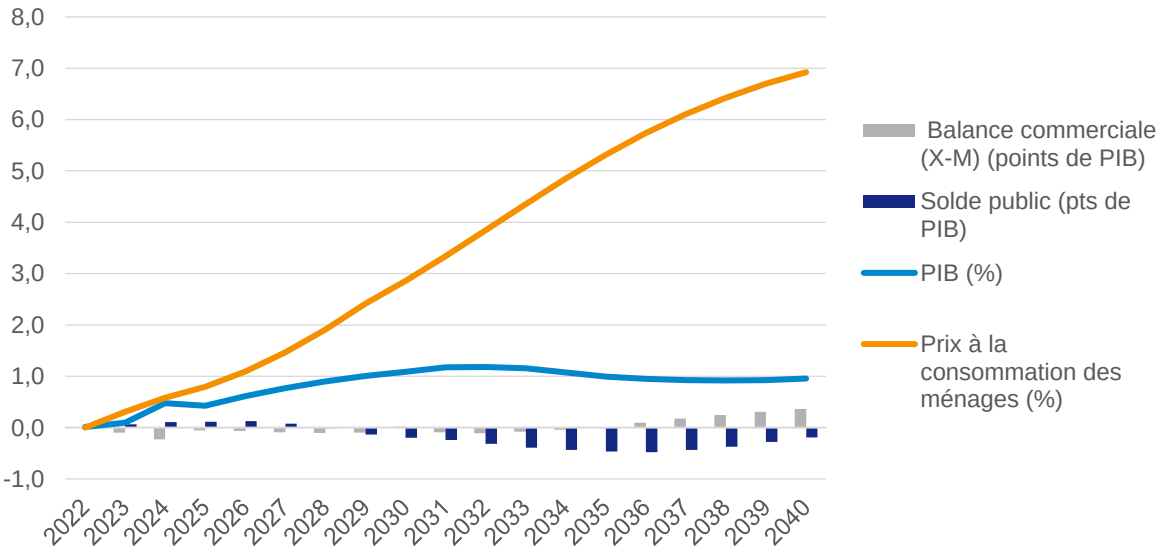
[1] En pratique, il est même potentiellement moins bon en l'absence d'isolation. Dans un second temps, la pompe à chaleur réduit certes les factures d'énergie, mais pas assez pour susciter un changement de chaudière spontané.

- Transport routier : outre l'interdiction de vente de véhicules thermiques présentée précédemment, des investissements dans les infrastructures favorisant le report modal ont été intégrés ;
- Bâtiments : en plus de l'interdiction du fioul, une hausse des aides à la rénovation des passoires et le respect des obligations du décret tertiaire ont été simulés ;
- Industrie : subventions aux investissements d'efficacité énergétique ;
- Production d'énergie : investissements nécessaires à la modification du mix électrique.

Le détail des résultats est présenté dans le complément Simulations. Les mesures plus classiques de subvention, ou de hausse des taxes (mise en place du SEQE dans le bâtiment et le transport) posent en effet moins de difficultés de modélisation que les mesures réglementaires.

Le Graphique 17 fournit les résultats correspondants. Dans le Graphique 18, les effets d'un choc négatif sur la productivité sont ajoutés pour illustrer le risque de ralentissement de la productivité discuté précédemment, qui n'est pas pris en compte dans les simulations précédentes (la productivité tendancielle étant exogène). Dans les deux cas, la réduction des émissions de gaz à effet de serre serait de 110 $MtCO_2e$ environ en 2030 par rapport à 2020 et 150 $MtCO_2e$ en 2035.

Graphique 17 – Effets de l'ensemble des mesures, sans effets sur la productivité (en écart au scénario de référence)

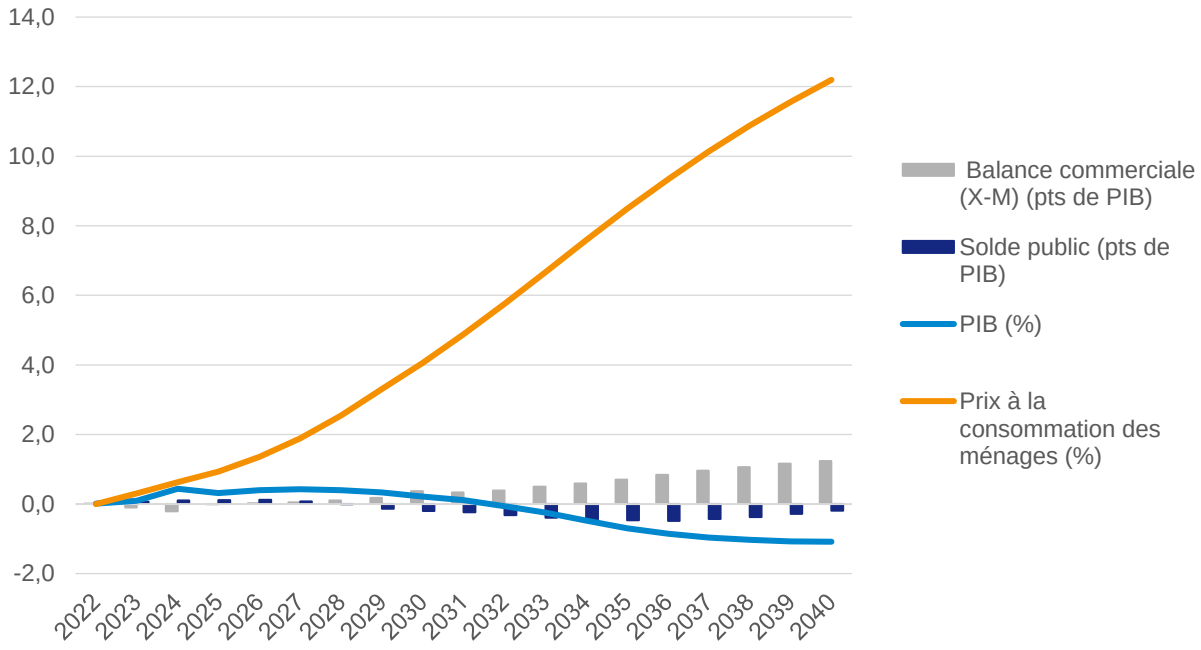


Lecture : en 2040, le PIB serait supérieur de 1 point à ce qu'il aurait été en l'absence des mesures de réduction des émissions, les prix seraient 7 points plus élevés, la balance commerciale améliorée de 0,5 point environ et le solde public légèrement dégradé.

Source : Ademe, simulations réalisées à l'aide du modèle ThreeME

En l'absence de choc sur la productivité, l'ensemble des mesures a des effets légèrement positifs sur la croissance à l'horizon 2030 ou 2040, au prix d'une dégradation de la balance commerciale et du solde public[1]. Une simulation « à solde public inchangé » conduirait ainsi à des résultats moins positifs sur la croissance. Les effets sur les prix seraient très importants[2]. Le choc d'offre négatif que représente la transition éroderait progressivement le surcroit de croissance, et aggraverait les effets inflationnistes, du fait de l'augmentation des coûts unitaires de production due à la moindre productivité.

Graphique 18 – Effet de l'ensemble des mesures avec un effet négatif sur la productivité (en écart au scénario de référence)



Lecture : en 2040, le PIB serait inférieur de 1 point à ce qu'il aurait été en l'absence des mesures de réduction des émissions et d'impact négatif sur la productivité, les prix seraient plus de 12 points plus élevés, la balance commerciale améliorée de 1,2 point et le solde public légèrement creusé.

Note : pour un choc de productivité de -0.3 point de 2024 à 2030, puis -0,2 pendant 5 ans, puis -0,1 pendant 5 ans.

Source : Ademe, simulations réalisées à l'aide du modèle ThreeME

[1] Des résultats plus détaillés sur la consommation, l'investissement, l'emploi, etc., sont présentés dans le complément *Simulations*.

[2] Certains résultats de simulations finalisées très récemment peuvent appeler des travaux complémentaires.

En conclusion les politiques de réduction des émissions étudiées, qu'il s'agisse de taxes, de subventions ou de réglementations, ont des effets communs au niveau macroéconomique :

- elles déclenchent une augmentation des investissements et des dépenses en biens d'équipements des entreprises et des ménages. Si les biens correspondants, qu'il s'agisse de véhicules électriques, de pompes à chaleur ou d'éoliennes, sont produits en France et peuvent être financés sans évincer d'autres dépenses, ce surcroît d'investissement accroît le PIB et l'emploi. Comme ces investissements n'augmentent en général pas la richesse produite, leur financement dégrade nécessairement dans un premier temps la situation financière des entreprises ou des ménages qui les réalisent – ou les finances publiques si celles-ci sont mises à contribution ;
- les économies d'énergie fossile importée permettent une amélioration graduelle de la balance commerciale et du revenu national. C'est macroéconomiquement un bénéfice, qui ne peut cependant se manifester que progressivement. Dans un premier temps, l'effet investissement domine ;
- ces effets de demande positifs seraient plus que contrebalancés par les effets négatifs du ralentissement de la productivité induit par la substitution d'investissements d'efficacité énergétique à des investissements dans du capital productif. Ce mécanisme, difficile à chiffrer, pourrait induire à l'horizon 2030 une baisse du PIB potentiel de 1,5 à 2 points, en supposant une réduction de 0,25 à 0,3 point du rythme de croissance de la productivité et une baisse du PIB effectif de l'ordre d'un point, accompagnée d'un surcroît d'inflation ;
- *in fine*, la résultante entre les effets de demande positifs et les effets d'offre négatifs dépendent beaucoup des conditions de financement des investissements et de leurs implications pour la situation financière des ménages et des entreprises concernés : pour des mesures très micro-sectorielles, cela revient à supposer que les ménages et les entreprises disposent de capacités à financer des investissements sans que cela évince d'autres dépenses, ce qui n'est pas satisfaisant si ces investissements sont peu productifs ;
- plus largement, cela renvoie à la question de la rentabilité des investissements nécessaires à la transition posée au début de ce chapitre : quelle que soit la politique mise en œuvre, une spécificité des investissements dans l'efficacité énergétique est qu'ils ne permettent pas – en général – de produire plus de richesses : leur rentabilité tient à ce qu'ils réduisent les dépenses d'énergie futures, et plus largement les coûts d'exploitation. Cette rentabilité dépend donc fortement des prix futurs des différentes énergies et de la réalité des économies d'énergie, ce qui rend également leur financement plus incertain ;
- les risques liés aux réallocations du capital et de la main-d'œuvre au sein des secteurs ne sont pas bien pris en compte : risques de tensions sur les marchés du travail sectoriels, risques de ruptures d'approvisionnement pour certains intrants critiques, risques de capital échoué, etc. (voir Encadré 11 du Chapitre 9 et Chapitre 11) ;

- les agrégats macroéconomiques ne reflètent pas toujours bien la réalité et/ou la perception des ménages : c'est le cas par exemple pour le partage volume/prix des véhicules électriques ou pour le fait que l'augmentation de la dépense des ménages (pompes à chaleur *versus* chaudières au fioul) ne s'accompagne pas nécessairement d'une augmentation du bien être des ménages.

3. Une méthode pour évaluer les incidences économiques de la transition

Les simulations présentées dans ce chapitre ne prétendent pas clore le débat sur les incidences macroéconomiques de la transition climatique, mais visent au contraire à l'alimenter et à en préciser les enjeux. Elles conduisent aux remarques de méthode qui suivent.

Tout d'abord, il n'est pas inutile de rappeler que définir précisément les politiques mises en œuvre est un préalable nécessaire à l'évaluation des effets économiques de la réduction des émissions. On l'a vu, toutes les mesures n'ont pas les mêmes effets, et il est difficile de s'assurer que des « réglementations » sont bien modélisées sans savoir ce qu'elles recouvrent : on ne peut pas reprocher aux modélisateurs de ne pas bien évaluer ce que les décideurs n'ont pas bien défini. Cette condition, faut-il le rappeler, n'a pas toujours été remplie par le passé. Elle est d'autant plus difficile à satisfaire que l'horizon est lointain. Il est naturel que les instruments et les politiques futures restent en partie indéterminés. Mais à l'horizon 2030 au moins, l'une des exigences et un des apports de la planification écologique – et donc du SGPE – doit être de s'assurer que les politiques permettant d'atteindre les objectifs sont bien identifiées.

Une fois les mesures bien définies, une analyse fine de leurs effets sur les comportements des agents est indispensable. Du fait de la nature sectorielle des mesures et de l'incertitude quant aux effets de réglementations sur les comportements, des analyses microéconomiques précises sont nécessaires au cas par cas. Elles doivent, bien sûr, s'appuyer sur des modèles technico-économiques sectoriels qui sont indispensables pour déterminer les évolutions physiques associées aux mesures. Mais plusieurs dimensions supplémentaires doivent être étudiées, qui touchent en particulier aux capacités de financement des investissements par les différents types d'agents et à la disponibilité des compétences nécessaires à la mise en œuvre des mesures, ainsi qu'aux dynamiques fines de réallocations et d'innovation. Ce qui ralentira ou renchérira les rénovations, ce n'est pas l'insuffisance de financement de l'investissement au niveau national ou un taux de chômage trop faible, mais bien l'incapacité de tout ou partie des ménages à financer les travaux ou le manque de main-d'œuvre formée dans la rénovation ou le nucléaire, par exemple.

L'analyse doit notamment prendre en compte l'hétérogénéité des ménages et des entreprises. De ce point de vue, les modèles à agents hétérogènes peuvent être utiles s'ils permettent de représenter des mesures très sectorielles et spécifiques telles que celles décrites ici. Le caractère très local de certains chocs doit également pouvoir être analysé.

Faut-il chercher à intégrer ces analyses microéconomiques dans les modèles macro-économiques, comme cela a été fait avec le modèle ThreeME qui comprend un module hybride, au sens où il combine l'analyse sur les quantités physiques (nombre de véhicules, de logements, émissions, etc.) et les variables économiques[1] ? L'avantage d'une intégration, qui évite les itérations et les difficultés de raccordement d'une suite de modèles, se paie d'une taille et d'une complexité très grandes, qui rendent difficiles la maîtrise et la compréhension de l'outil. C'est d'autant plus pénalisant qu'il est souvent nécessaire de modifier le modèle pour bien prendre en compte les mesures envisagées. Une solution intermédiaire consisterait à isoler des modules sectoriels (en rendant exogènes toutes les autres variables) de façon à bien analyser les dynamiques sectorielles avant de les intégrer dans le modèle global. Simuler et analyser les mesures une à une, comme cela a été fait ici, est également une précaution utile.

Enfin, les travaux menés dans le cadre de la mission ont démontré que la prise en compte des implications de la transition sur la productivité, sur le risque de capital échoué, ainsi que la réflexion sur les effets économiques de la sobriété, peuvent utilement s'appuyer sur des modélisations parallèles très simplifiées (*toy models*). Ces modèles, dont l'Encadré 9 fournit un exemple, ne visent pas au réalisme, mais ils aident à avancer dans la conceptualisation et la compréhension des mécanismes en jeu.

La transition climatique pose des problèmes nouveaux à l'analyse économique. Après des années au cours desquelles l'accent a été successivement mis sur la rationalité des comportements et la cohérence des représentations, elle signe le retour du concret dans les préoccupations macroéconomiques. La question des instruments sur lesquels elle peut s'appuyer se pose en France, mais elle se pose aussi ailleurs, pratiquement dans les mêmes termes. C'est ce qu'indique de manière saisissante un document récent publié par la Maison Blanche[2].

[1] C'est également ce que prévoit de faire le modèle « Greenreform » en cours de développement au Danemark.

[2] Council of Economic Advisers et Office of Management and Budget (2023), « Methodologies and considerations for integrating the physical and transition risks of climate change into macroeconomic forecasting for the president's budget », White Paper, mars, 48 pages.

CHAPITRE 9

UN IMPÉRATIF D'ÉQUITÉ

1. Une transformation spontanément inégalitaire

En France comme dans les autres pays avancés, chacun voit bien que des efforts vont être demandés à tous. Dans ce contexte, il est attendu des politiques climatiques qu'elles soient efficaces, mais aussi qu'elles soient justes. C'est par l'opinion sur leurs impacts distributifs, presque autant que par le jugement quant à leurs incidences sur la réduction des émissions, que s'explique le degré de soutien dont bénéficient les nombreux avatars de ces politiques[1]. Qui plus est, ces attitudes sont remarquablement similaires d'un pays à l'autre : si la révolte des Gilets jaunes a marqué les esprits dans notre pays, la France ne se distingue pas par une sensibilité exacerbée aux enjeux distributifs des politiques climatiques, comme l'a montré par exemple la « révolte du carburant » en Suède en 2018[2].

Cette exigence d'équité est pour beaucoup dans le rejet de la fiscalité carbone et plus généralement dans l'hostilité à toutes les politiques climatiques qui y contreviennent. La « transition juste » s'est partout imposée comme un impératif auquel les politiques publiques doivent se conformer si elles veulent avoir une chance d'être acceptées. Elle n'est pas pour autant précisément définie.

Les contributions des ménages au réchauffement climatique sont elles-mêmes très inégalement réparties. Elles s'accroissent bien évidemment à mesure qu'un ménage progresse dans l'échelle des revenus. Au niveau mondial, Chancel (2022) attribue ainsi 17 % des émissions au top 1 % de la distribution du revenu, et 48 % au top 10 %, sous des hypothèses fortes[3]. Au niveau national, l'empreinte carbone (importations incluses) de

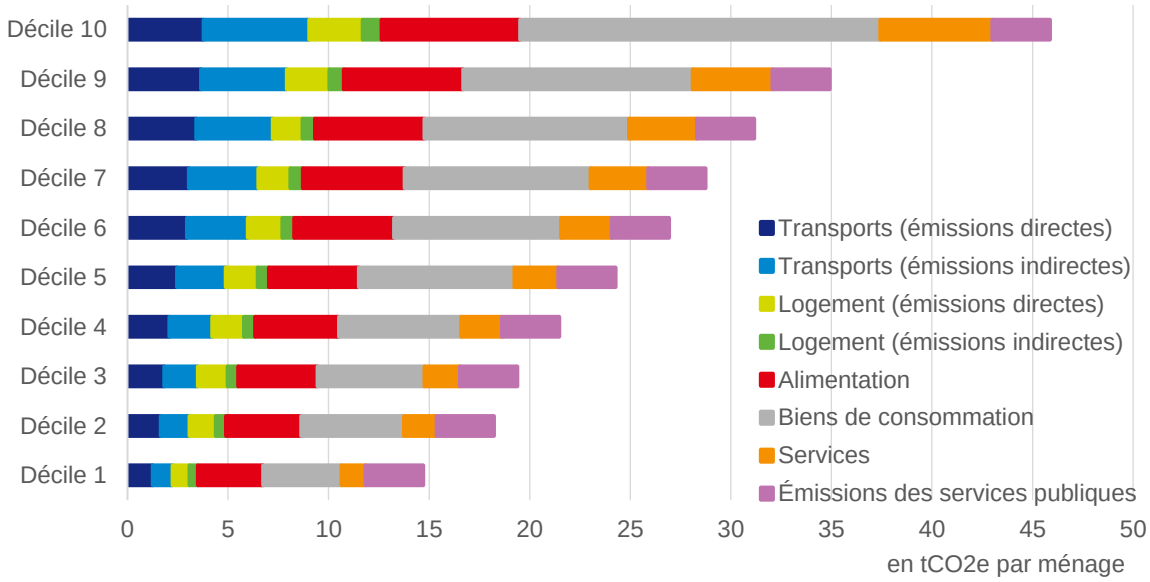
[1] Voir Dechezleprêtre A. *et al.* (2022), « Fighting climate change: International attitudes toward climate policies », *NBER Working Paper*, n° 30265, National Bureau of Economic Research, juillet.

[2] Voir par exemple Anne-Braun J. (2022), *Le consentement à la fiscalité environnementale*, rapport du Conseil des prélèvements obligatoires.

[3] Voir Chancel L. (2022), « Global carbon inequality over 1990-2019 », *Nature Sustainability*, vol. 5, p. 931–938, novembre. Le choix méthodologique d'affecter les émissions des entreprises à leurs actionnaires (et donc aux ménages) est discutable. De manière plus générale, l'affectation des émissions aux différentes catégories de

la consommation des ménages est croissante avec le revenu, et varie du simple au triple entre le premier et le dernier décile (voir Graphique 19)[1]. Comme le relève le rapport thématique *Enjeux distributifs*, les émissions des seuls déplacements en avion des ménages les plus aisés (dixième décile), sont en moyenne équivalentes aux émissions de l'ensemble des déplacements des ménages les plus modestes (premier décile). Quantitativement, ce qui peut sembler être le privilège des uns a donc les mêmes conséquences pour le climat que ce qui est l'essentiel des autres.

Graphique 19 – Décomposition de l'empreinte carbone des déciles de niveau de vie par principaux postes de consommation (en tCO_2e)



Lecture : le poste alimentation représente pour les ménages du 3e décile une empreinte carbone de 4 tCO_2eq.

Source : Malliet P. (2020), La contribution des émissions importées à l'empreinte carbone de la France. Sciences Po publications

Enfin les biens durables à faibles émissions, voire neutres en carbone – véhicules électriques, pompes à chaleur, équipements basse consommation, etc. – sont sensiblement plus onéreux que leurs équivalents carbonés actuels. Même s'ils ont en contrepartie un coût d'usage (factures énergétiques) plus faible et peuvent apporter des co-bénéfices en termes de santé notamment (réduction de la pollution, confort thermique, etc.), les acquérir suppose

revenu des ménages est nécessairement en partie simplificatrice. Elle se fait aujourd'hui sur la base d'hypothèses simplificatrices peu satisfaisantes quant au contenu en carbone d'un euro dépensé sur telle ou telle catégorie de bien. Voir sur ces points le rapport thématique *Enjeux distributifs* : France Stratégie/CGDD (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Enjeux distributifs*, rapport thématique coordonné par Vincent Marcus, mai.

[1] Ce ratio est un peu surévalué car les écarts de prix entre biens de même nature consommés par différentes catégories de ménages ne sont pas neutralisés, alors qu'un verre de vin qui coûte cinq fois plus cher n'induit pas cinq fois plus d'émissions.

de pouvoir consentir un investissement et l'amortir dans la durée. Ce n'est pas une difficulté pour un ménage aisé, qui peut financer l'opération sur son épargne ou en empruntant, ça l'est en revanche beaucoup plus pour un ménage modeste qui dispose d'une faible épargne et n'a pas accès au crédit, ou en tout cas pas dans les mêmes conditions. Au total, le coût en investissement de la transition peut aisément, en l'absence d'aides publiques, atteindre un niveau prohibitif pour les premiers déciles de revenu (voir Tableau 3).

Tableau 3 – Coût brut de la transition vers la neutralité climatique pour des ménages-type

Opération	Investissement brut (euros)	Taux d'effort total (annuel) Ménages très modestes (D1-D2)	Taux d'effort (annuel) Classes moyennes (D4-D5)
Rénovation du logement	24 000	146 % (6 %)	82 % (3 %)
Changement du vecteur de chauffage	13 000	79 % (3 %)	44 % (2 %)
Acquisition d'un véhicule électrique	35 000	213 % (13 %)	120 % (8 %)

Note : Le taux d'effort total est ici le rapport entre le coût d'acquisition d'un bien et le revenu disponible annuel de la catégorie de ménages considérée. Il donne une idée de l'effort financier total. Le taux d'effort annuel divise ce ratio par la durée de vie des équipements (25 ans pour les travaux du logement, 16 ans pour les véhicules). Hypothèses de calcul : 13 000 euros pour le coût moyen d'une pompe à chaleur air-eau ; 24 000 euros pour le coût moyen de rénovation d'une passoire thermique vers la classe C ; 35 000 euros pour le coût d'un véhicule électrique ; 16 450 euros (chiffres 2019) pour le revenu annuel moyen des ménages des deux premiers déciles (D1-D2) et 29 235 euros pour ceux des déciles 4 et 5.

Lecture : la rénovation d'un logement coûte 24 000 euros en moyenne, ce qui représente 146 % du revenu annuel moyen d'un ménage des deux premiers déciles et 82 % de celui d'un ménage des déciles 4 et 5. Si ce coût est étalé sur la durée de vie de la rénovation, il représente un effort de 6 % du revenu par an (sur 25 ans).

Sources : DGEC pour les coûts et Insee pour les revenus

Ces coûts sont d'autant plus significatifs qu'ils ne sont souvent la contrepartie d'aucune amélioration de l'utilité perçue. Bien entendu, la rénovation d'une passoire thermique améliore le confort et réduit le coût d'usage. Mais malgré l'investissement, le service rendu par le chauffage ne change pas substantiellement après un changement de vecteur, pas plus que l'électrification n'améliore le service de mobilité que procure la voiture. Contrairement à la mondialisation, qui procurait des bénéfices immédiats en termes de pouvoir d'achat, il n'y a pas en l'espèce beaucoup de gains à partager. Par rapport au statu quo, le surcoût traduit au contraire une perte collective de bien-être (en tout cas, tel qu'il est mesuré conventionnellement), qu'il s'agit de répartir. Quand on sait à quel point les sociétés avancées se sont montrées incapables de distribuer équitablement les gains induits par la mondialisation, on ne peut qu'être dubitatif sur leur capacité à répartir les coûts de la transition de manière équitable.

2. À même niveau de revenu, une forte hétérogénéité entre ménages

On aurait tort cependant de ne raisonner qu'en termes de revenu. Celui-ci n'est qu'une des dimensions de différenciation des ménages et en matière de coûts de la transition, il est loin de suffire à résumer les autres. Comme le détaille le rapport thématique *Enjeux distributifs*, interviennent notamment trois autres dimensions[1] :

– le type de logement (collectif, individuel), auquel il faut lier le statut de l'occupant (locataire, propriétaire) et le mode de chauffage (fioul, gaz, électrique, pompe à chaleur, chauffage urbain) ;

– le type de commune de résidence (urbain, péri-urbain, rural), qui détermine largement la dépendance à la voiture individuelle ;

– l'âge de la personne de référence.

Au total, seulement 12 % de la variance totale des émissions des ménages est expliquée par les écarts entre déciles de revenus. Cette forte dispersion horizontale – donc entre ménages de même niveau de revenu – complique singulièrement les politiques de redistribution et en particulier l'affectation éventuelle des recettes de la fiscalité carbone. C'est ce qui avait conduit Bureau, Henriet et Schubert (2019) à préconiser la redistribution intégrale du produit d'une éventuelle taxe carbone sur la base non seulement de critères de revenu, mais aussi de critères géographiques[2]. Mais la prise en compte jointe de la localisation et du revenu ne suffit pas à obtenir un ciblage satisfaisant[3]. De plus, il peut être efficace d'un point de vue économique et distributif de consacrer une partie des revenus de la taxe à limiter les hausses de coûts de production et donc des prix (voir le rapport thématique *Enjeux distributifs*).

Des questions de nature voisine se posent en matière d'emploi : la transition va simultanément créer et détruire des emplois, de manière inégale selon les métiers et les territoires (voir Encadré 11 page suivante). Ses effets nets dépendront de la capacité des économies à réallouer des emplois et de l'efficacité des dispositifs publics de soutien à ces réallocations inter- et intrasectorielles.

[1] France Stratégie/CGDD (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Enjeux distributifs*, *op. cit.*

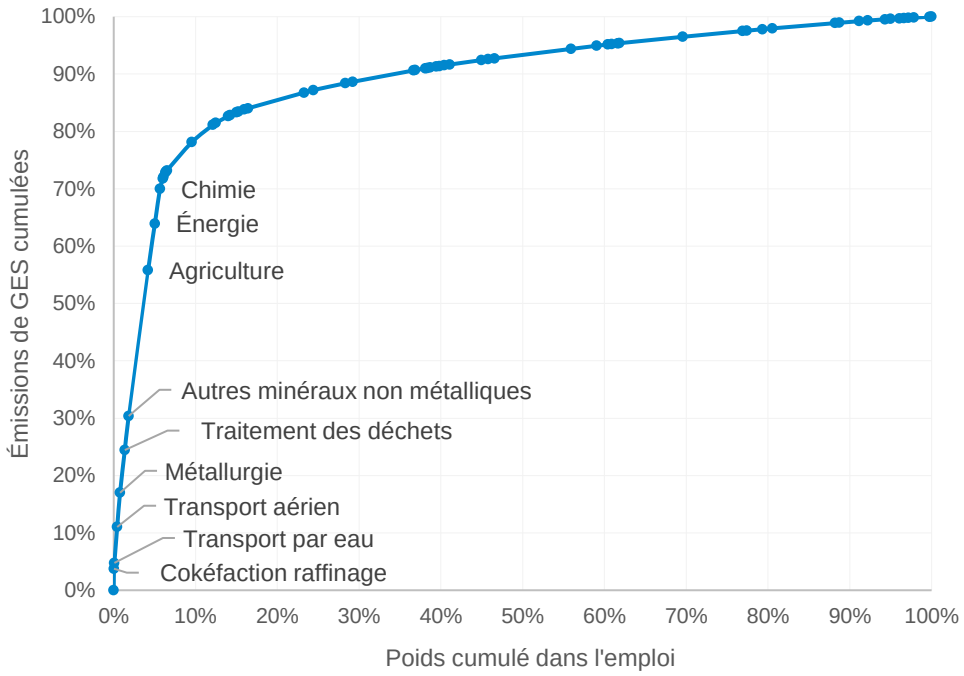
[2] Bureau D., Henriet F. et Schubert K. (2019), « Pour le climat : une taxe juste, pas juste une taxe », *Les notes du conseil d'analyse économique*, n° 50, mars.

[3] Voir par exemple Douenne T. (2020), « The vertical and horizontal distributive effects of energy taxes: a case study of a French policy ».

Encadré 11 – Des effets limités sur l'emploi, mais des risques à prévenir

Les secteurs économiques sont excessivement hétérogènes du point de vue de leur intensité en carbone. Le Graphique 20, issu du rapport thématique sur le marché du travail[1], l'illustre de manière saisissante : les industries fortement émettrices sont en effet peu nombreuses (80 % des émissions sont effectuées par des secteurs représentant 10 % de l'emploi) et elles sont relativement protégées par les dispositifs en place (quota gratuits d'émissions aujourd'hui, Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières demain).

Graphique 20 – Répartition sectorielle des émissions de gaz à effet de serre et de l'emploi



Lecture : en 2021, en France, les secteurs les plus émetteurs, qui représentent à eux seuls 80 % des émissions de gaz à effet de serre, concentrent seulement 10 % de l'emploi.

Source : pour les émissions, comptes annuels des émissions de gaz à effet de serre, Eurostat ; pour l'emploi, Labour Force Survey, Eurostat

À ce constat rassurant, il faut cependant apporter plusieurs nuances.

- Au-delà de ces secteurs très fortement émetteurs, l'emploi va être affecté dans tous les secteurs qui produisent des biens qui utilisent eux-mêmes des

[1] France Stratégie/Dares (2023), *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Marché du travail*, rapport thématique coordonné par Carole Hentzgen et Michaël Orand, mai.

énergies fossiles (moteurs thermiques) même si leur production n'est pas fortement émettrice, ou dont les intrants sont intensifs en carbone.

- L'expérience enseigne qu'à la suite d'un plan social, les réallocations d'emplois s'opèrent très difficilement entre établissements qui licencient et établissements qui embauchent : la probabilité pour un salarié licencié d'être en véritable emploi un an après est de 21 points inférieure à celle d'un salarié qui a conservé son emploi, et elle est toujours de 7 points plus basse six ans après. Il en va de même entre bassins d'emploi[1].
- Si les emplois concernés par des réallocations intersectorielles sont relativement peu nombreux (2 % à 3 % de l'emploi total), le choc risque d'être rapide et de concerner des bassins d'emploi isolés, difficiles à reconvertir, ou des qualifications spécifiques.
- Dans de nombreux secteurs, la transition va ainsi impliquer une transformation des métiers et l'acquisition de nouvelles compétences, et elle devrait accentuer les difficultés de recrutement dans les métiers déjà en tension.
- L'automobile va subir un choc particulièrement violent. Le contenu en emplois d'un véhicule électrique est sensiblement inférieur à celui d'un véhicule thermique, et la nature de ces emplois n'est pas la même. À part de marché des constructeurs locaux constante, l'impact sur le volume total d'emploi sera inévitablement négatif ;
- De manière plus générale, l'Union européenne a engagé un pari industriel risqué. Alors que ses avantages comparatifs sont plutôt bruns et que sauf peut-être dans l'éolien, elle ne dispose pas de positions fortes à partir desquelles construire, elle s'est donné pour but de prendre le leadership sur les industries vertes. Le Chapitre 12 reviendra en détails sur cette question.

3. Les conditions d'une transition juste

L'impératif d'une transition juste est aujourd'hui très largement reconnu et des moyens significatifs y sont alloués, à hauteur de 8,5 milliards d'euros en 2023 pour les seuls soutiens budgétaires nationaux (voir Tableau 4). Mais ces moyens vont devoir être accrus et surtout, leur usage va devoir être rationnalisé. Coexistent en effet aujourd'hui de multiples dispositifs de soutien qui diffèrent par leurs finalités mais aussi, et c'est moins compréhensible, par les critères d'équité sur lesquels ils sont fondés.

[1] Voir Arquié A. et Grjebine T. (2023), « Vingt ans de plans sociaux dans l'industrie : quels enseignements pour la transition écologique ? », *La lettre du CEPII*, n° 435, mars.

Tableau 4 – Principaux dispositifs de soutien à la transition pour les ménages

Dispositif	Finalité	Coût budgétaire 2023	Montants	Conditions d'éligibilité	
				Sous conditions de ressources	Restriction en fonction du statut d'occupation ou du type de véhicules
Bonus écologique	Aide à l'achat de véhicules neufs ou d'occasion n'émettant pas de CO_2	1,9 Mds€	Jusqu'à 5 000 € pour une voiture et 6 000 € pour une camionnette + Majoration de 2 000 € pour les ménages dont le revenu fiscal de référence par part (RFR) est inférieur ou égal à 14 089 €	Oui pour les montants perçus	Pour les véhicules neufs, le coût d'acquisition doit être inférieur à 47 000 € et la masse inférieure à 2,4 tonnes, aux camionnettes électriques
Prime à la conversion	Aide à l'achat ou à la location d'un véhicule peu polluant, en échange de la mise au rebut d'un véhicule diesel ou essence ancien		Pour VP électriques ou hydrogène : • 80 % du coût d'acquisition dans la limite de 6 000 € si RFR < 14 089 € et D > 30 km ou si RFR < 6 358 € • 2 500 €, dans les autres cas Pour VP et camionnettes crit'air 1 : plafonds réduits à 4 000 € et 1 500 €	Oui pour les montants perçus	VP électriques ou hydrogène VP et camionnettes Crit'air 1
MaPrime Rénov	Aide à la rénovation énergétique pour les propriétaires	2,6 Mds€	4 barèmes (MPR bleu, jaune, violet rose) selon les niveaux de revenus Les montants dépendent des travaux mais ne peuvent dépasser environ 20 000 € + MaPrimRénov Copropriétés	Oui pour les montants perçus	Oui : propriétaires, bailleurs ou occupants Logements de plus de 15 ans (2 ans pour chaudières fioul)
MaPrime Rénov Sérénité	Conseil et aide financière pour accompagner les ménages modestes dans une rénovation énergétique globale		Non cumulable avec MPR	Oui	Oui : propriétaires occupants et rénovation globale
Certificats d'économie d'énergie	Incitation aux fournisseurs d'énergie pour qu'ils financent des investissements d'efficacité énergétique	2 Mds€	Supporté par les fournisseurs d'énergie, le coût est *in fine* répercuté sur les consommateurs d'énergie	Oui pour les CEE précarité énergétique	Non
Eco-PTZ	Aider à financer la rénovation énergétique du logement sans avance de trésorerie et sans intérêts.	43 M€	Jusqu'à 50 000 € Cumulable avec MPR	Non	Oui : propriétaires, bailleurs ou occupants Copropriétés Certaines sociétés civiles
TVA à 5,5 %	Favoriser les rénovations énergétiques	1,9 Md€	Taux de TVA réduit par rapport au taux de 10 % applicable à l'ensemble des travaux de rénovation	Non	Non : propriétaires ou locataires Logements de + de 2 ans Liste de travaux éligibles

Source : auteurs

La France ne peut donc pas faire l'économie d'une réflexion sur les principes de ce que doit être une transition juste. Cette réflexion devra en particulier traiter des enjeux suivants.

- *L'égalité des sacrifices individuels qu'exigera le passage à une économie neutre en carbone*. La transition demandera à tous des efforts substantiels d'adaptation de leur mode de vie, dont il ne serait pas éthiquement admissible que les plus aisés s'exonèrent en se bornant à payer plus cher les mêmes consommations. C'est ce sentiment, largement partagé, que traduit le large rejet de la taxation du carbone. C'est aussi ce qu'exprime l'idée, popularisée par Jean-Marc Jancovici, d'un quota individuel de voyages en avion, ou celle, plus élaborée, de comptes carbone individuels[1].

  Bien entendu, ces idées sont loin d'être directement applicables. Elles traduisent cependant une exigence qui ne peut pas être ignorée. Face à un enjeu vital pour l'humanité, la question du juste partage des sacrifices est aussi essentielle que celles qu'a posé, en son temps, la participation de chacun à la défense du territoire national.

- *L'ampleur et les critères du soutien public aux efforts des ménages.* Le surcoût individuel de la transition peut être défini comme le montant actualisé des dépenses qu'un ménage devra consentir pour atteindre la neutralité carbone sans devoir davantage modifier son mode de vie que ne le fait la moyenne des ménages. La question est alors celle des critères sur la base desquels déterminer quelle fraction de ce coût devra être socialisée. Elle se pose avec acuité lorsque la politique publique prend la forme d'interdictions (fin des chaudières au fioul, zones à faible émission, demain proscription de la mise sur le marché de véhicules thermiques), qui mettent certains ménages dans l'incapacité de financer les investissements correspondants.

  L'accès à de nombreux dispositifs de soutien publics, ou leur montant, à l'instar de MaPrimeRénov', est aujourd'hui soumis à condition de ressources (Tableau 4). De nombreuses questions se posent cependant, sur lesquelles des hésitations subsistent : faut-il subventionner intégralement les investissements des ménages des premiers déciles de revenu ? à partir de quel niveau de revenu faut-il prévoir la sortie du dispositif ? Lorsqu'un soutien public conduit à une meilleure valorisation d'un bien immobilier, est-il légitime que l'État bénéficie d'une partie de la plus-value éventuelle au moment de la cession ou de la transmission ? et inversement en cas de moins-value ?

[1] Voir notamment https://comptecarbone.cc/

- *La faisabilité d'une tarification duale de l'énergie carbonée.* La perte d'utilité associée à une réduction des émissions individuelles est plus grande en bas de l'échelle des revenus qu'elle ne l'est en haut (i.e. les coûts d'abattement sont convexes en fonction du revenu). D'un point de vue social comme d'un point de vue économique, la mise en place d'un système dual présenterait ainsi de nombreux avantages, si elle était réalisable[1]. En garantissant à chaque ménage l'accès à un quantum d'énergie à prix administré, elle répondrait à un objectif d'équité. Parce que l'énergie carbonée marginale serait tarifée à un prix plus élevé, et à la condition bien sûr que ce dernier soit bien perçu par les utilisateurs, elle inciterait parallèlement aux économies d'énergie et assurerait la rentabilité des investissements correspondants. L'Allemagne expérimente la mise en place d'une tarification duale de l'électricité, du gaz et de la chaleur[2].

L'exigence d'équité de la transition climatique pose des questions nouvelles, auxquelles nos critères usuels de justice sociale et d'équité territoriale n'apportent pas de réponse toute prête. Faute de délibérer sur les critères d'équité qui fondent l'action publique, et faute de construire un consensus autour d'un concept partagé d'équité climatique, le risque est grand d'aboutir à une solution qui ne sera ni économiquement efficace ni socialement juste. Il y a urgence à entreprendre cette mise à jour.

[1] Ce qui est loin d'être simple, notamment en raison du recours fréquent à plusieurs fournisseurs d'énergie et à plusieurs sources d'énergie.

[2] Voir *Sicher durch den Winter*, rapport de la Commission d'experts *Gas und Wärme*, octobre 2022. La tarification duale a été mise en place au début 2023.

CHAPITRE 10

LE PASSAGE À UNE ÉCONOMIE CLIMATIQUEMENT NEUTRE AURA UNE FORTE INCIDENCE SUR LES FINANCES PUBLIQUES

1. Les données du problème

Les discussions sur les implications de la transition pour les finances publiques se sont longtemps inscrites dans le cadre du paradigme du « double dividende » : mettre un prix sur une externalité allait à la fois réorienter les comportements et, temporairement au moins, procurer des recettes, ce qui permettrait de réduire d'autres prélèvements par nature distorsifs, en particulier sur le travail. L'un comme l'autre induiraient ainsi un gain collectif.

À quelques notables exceptions près, les politiques fondées sur ce paradigme ont cependant rapidement fait l'objet d'un rejet social et politique, pour des raisons qui ont été analysées au Chapitre 9. Là où la tarification du carbone reste d'actualité, il est acquis qu'elle ne procurera pas de recettes nettes significatives, compte tenu de la nécessité politique de redistribuer aux contribuables, sous une forme ou une autre, le produit d'une éventuelle taxation. En Europe, cette tarification est mise en œuvre par le canal des enchères de quota d'émission (SEQE), mais les recettes correspondantes sont encore très faibles au regard du coût de la transition pour les finances publiques dans l'Union.

Du côté des dépenses, la transition a en effet toute chance de représenter une charge notable. Certes, la dépense publique n'est pas l'instrument de premier rang pour piloter le cheminement vers la neutralité climatique. Tarification du carbone et réglementation sont *a priori* préférables. Elle est cependant une composante inévitable de la réponse de politique publique et doit être assumée comme telle, en prenant en compte :

– le coût direct que devront assumer les administrations publiques (rénovation des bâtiments, infrastructures, recherche publique) ;

– le coût des dispositifs de soutien à l'investissement et à l'équipement des ménages et des TPE ;

– le coût de l'appui à la transition vers l'économie verte (subventions à la décarbonation profonde de l'industrie, formation professionnelle, accompagnement des reconversions) ;

– le coût des investissements d'adaptation, qui seront sans doute largement à la charge des administrations publiques.

Tableau 5 – Coût annuel de la transition climatique pour les finances publiques, 2030

En milliards d'euros	Investissement supplémentaire en 2030	Part publique	
		Part de financement public constante	Scénario optimal
Bâtiments publics	**10**	**10**	**10**
Infrastructures	**7**	**4**	**4**
Rénovation des logements (chauffage et isolation)	**21**	**10**	**14**
Rénovation du tertiaire privé	**27**	**0**	**2**
Équipement des ménages en véhicules électriques	**-8**	**-2**	**-2**
Équipement des entreprises en véhicules électriques, poids lourds et utilitaires légers	**4**	**0**	**1**
Investissement des entreprises (y compris énergie)	**13**	**3**	**4**
Adaptation	**3**	**n.a.**	**1**
TOTAL (y compris adaptation et hors agriculture)	**67**	**25**	**34**

Note : pour rappel, les investissements supplémentaires (colonne 2) sont les investissements associés aux principales mesures de réduction des émissions d'ici en 2030 identifiées. L'investissement supplémentaire négatif pour l'équipement en véhicules électriques des ménages s'explique par le fait qu'avec le report vers d'autres modes de transport (vélo, transports en commun, etc.) et la baisse de la mobilité, les ménages achèteraient au total moins de véhicules qu'en l'absence de transition. Leurs dépenses de véhicules s'en trouveraient réduites, malgré le surcoût des véhicules électriques (voir Chapitre 7). La part publique est le montant financé par les finances publiques, le reste étant financé par le privé.

Source : estimations des auteurs

Au total donc, le supplément de dépenses publiques induit par la transition climatique devrait être à l'horizon 2030 compris entre 25 et 34 milliards d'euros par an, selon que l'on raisonne à part du financement public constante ou que l'on considère une adaptation des dispositifs de soutien en vue d'assurer le meilleur usage des fonds publics des deux points de vue de l'efficacité et de l'équité (voir Tableau 5).

Du côté des recettes, la transition aura aussi une incidence importante. Elle occasionnera tout d'abord la perte graduelle du produit des accises sur les énergies fossiles, qui ont encore représenté 35 milliards d'euros en 2021[1]. Comme l'a montré la mission IGF sur les enjeux macroéconomiques et budgétaires de la neutralité carbone, la structure actuelle des recettes expose ainsi les finances publiques à un risque substantiel, qui a été chiffré à 13 points de PIB de dette publique à l'horizon 2050[2].

En sens inverse, la tarification européenne du carbone dans le cadre du marché des quota (SEQE), dont les revenus vont principalement aux États membres de l'Union européenne, va être source d'augmentation des recettes du fait à la fois de la hausse du prix sur le marché, de la suppression progressive des quota gratuits, de la création d'un mécanisme d'ajustement aux frontières (MACF) et de la création, à partir de 2027-2028, d'un second marché (SEQE 2) pour les secteurs du transport et du bâtiment. Sous l'hypothèse d'un prix du carbone stabilisé à 100 €/tonne sur le SEQE et sachant qu'il sera plafonné à 45 €/t sur le SEQE 2, les projections indiquent que, pour la France, le montant des revenus correspondants – que la législation communautaire prévoit d'affecter à des actions en faveur de la transition climatique – devrait se situer à la fin de la décennie entre 10 et 15 milliards d'euros.

À ce panorama, il faut apporter trois correctifs d'ampleur inégale. Le premier est que pour partie, l'investissement pour le climat sera porteur de rentabilité économique à long terme (par exemple pour les bâtiments publics, mais également pour les bâtiments privés ou les véhicules). Dans une économie caractérisée par un stock de capital plus élevé et des coûts d'exploitation plus faibles, la puissance publique bénéficiera directement d'une baisse des coûts d'exploitation (chauffage, climatisation) que permettront ses propres investissements. Elle serait également fondée à demander aux agents privés (entreprises et ménages) un retour sur les économies qu'elle leur aura permis de réaliser, et donc à soutenir prioritairement leurs investissements au moyen d'instruments financiers dédiés de type prêts participatifs *in fine*. Quantitativement cependant, il ne faut pas escompter un flux de revenu net important, en tout cas à l'horizon 2030, compte tenu du taux de rendement limité des investissements et de leur montée en régime très graduelle.

[1] Source : Budget vert pour 2023, rapport annexé au projet de loi des finances.

[2] Mahfouz S., Murciano C., Brand T. et Costa de Beauregard A. (2022), *Enjeux macroéconomiques et budgétaires de la neutralité carbone*, rapport de l'Inspection générale des finances, août.

Le deuxième correctif porte sur la temporalité des effets attendus. À l'horizon 2030, les effets dépenses seront certainement prédominants : l'incidence de l'attrition du produit des accises sera limitée et, en sens inverse, la montée en régime des recettes induites par la mise aux enchères des quota carbone sera elle aussi graduelle. Mais à long terme, les investissements dans la décarbonation devraient diminuer et donc aussi leur composante publique (même si le coût marginal de la tonne de carbone évitée augmentera) tandis que les pertes de recettes seront de plus en plus importantes (du fait de la réduction de la consommation d'énergie et donc de la diminution des recettes publiques correspondantes, qu'il s'agisse du produit des accises ou de celui de la vente de quota carbone). La difficulté est que ces profils temporels ne sont pas faciles à anticiper, ce qui compliquera la programmation des finances publiques.

Le troisième correctif a trait au risque de ralentissement de la croissance potentielle, et donc de perte de recettes fiscales et sociales, consécutif à la réorientation de l'investissement et de l'effort de recherche vers l'économie de combustibles fossiles (voir Chapitre 8 et rapport thématique *Productivité*). Le chiffrage est évidemment ici beaucoup plus incertain.

Nous faisons l'hypothèse dans la suite de ce rapport que les pertes de recettes occasionnées par l'attrition de l'assiette des accises fossiles seront graduellement compensées par la mise en place d'une fiscalité adaptée à une économie décarbonée. Sur ces bases, on peut situer le risque pour la dette publique à l'horizon 2040 aux alentours de 25 points de PIB (voir Graphique 21 page suivante) :

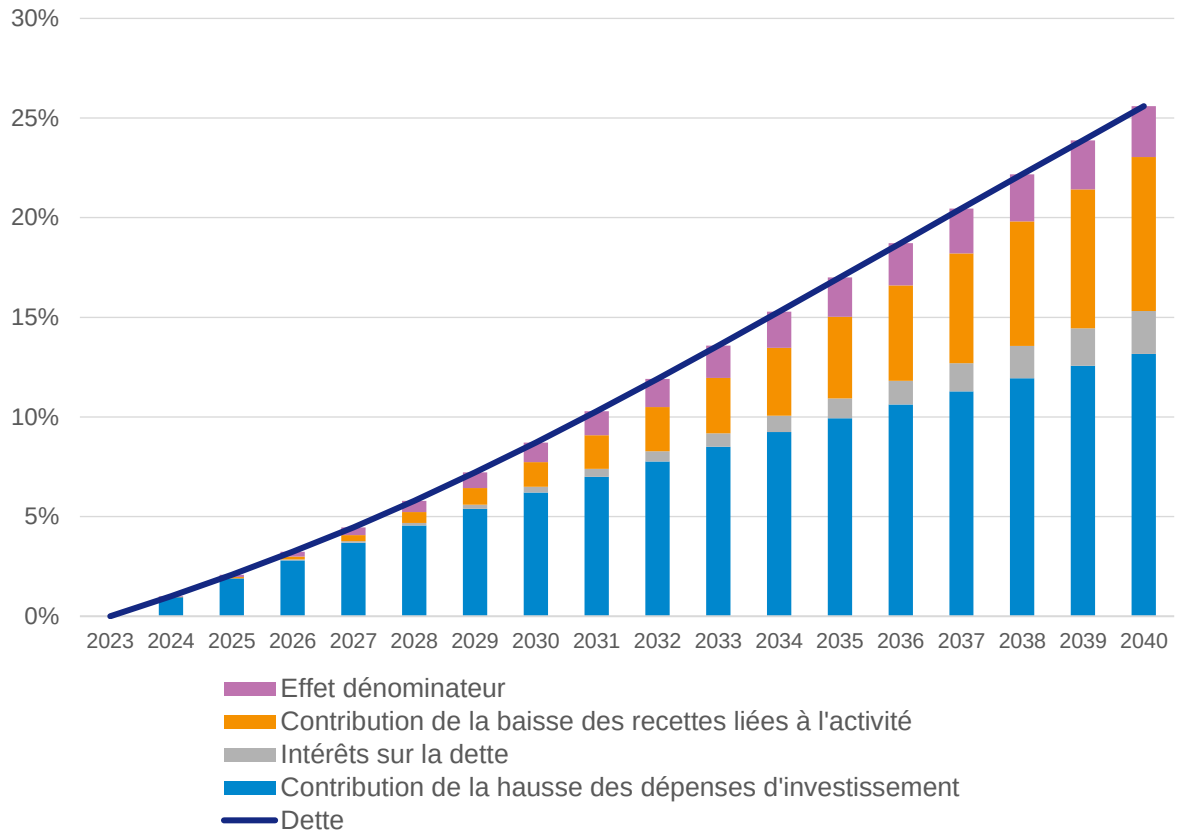
- environ 13 points au titre du cumul des dépenses prises en charge d'ici 2050, nettes des recettes tirées des enchères de quota carbone[1] ;
- environ 8 points au titre de la perte de recettes induite par le ralentissement de la croissance potentielle[2].

Il s'agit d'un montant considérable, dont l'estimation est évidemment entachée d'une grande incertitude.

[1] Hypothèse pour les dépenses : un point de PIB par an jusqu'à 2040, avec réduction linéaire sur la décennie 2041-2050 et élimination complète en 2050. Les recettes issues de la vente de quota carbone sont très incertaines. On peut les estimer entre 10 et 15 milliards à horizon de la fin de la décennie.

[2] Hypothèses : 0,3 point par an de ralentissement de la croissance potentielle entre 2024 et 2030, puis 0,2 de 2031 à 2035 et 0,1 de 2035 à 2040. Élasticité unitaire des recettes au PIB. Taux d'intérêt réel égal au taux de croissance.

Graphique 21 – Augmentation de la dette publique et contributions (en points de PIB)
(en écart au scénario de référence)



Lecture : en 2030, la dette publique serait plus élevée de 9 points, dont 6 points liés aux dépenses d'investissement supplémentaires et un peu plus de 1 point aux pertes de recettes du fait de la croissance plus faible.

Note : on suppose ici que les pertes de recettes assises sur les énergies seraient compensées par de nouvelles taxes afin de maintenir le taux de prélèvements obligatoires constant. L' « effet dénominateur » est lié au fait que le PIB (dénominateur du ratio de dette) est également modifié.

Source : calcul des auteurs

2. Il ne faut pas exclure un financement par l'endettement

La première source de financement est bien évidemment le redéploiement des dépenses et des dépenses fiscales. Selon le budget vert pour 2023, les dépenses de l'État défavorables à l'environnement s'élèvent en 2023 à un peu plus de 10 milliards, hors mesures exceptionnelles de protection des consommateurs contre les hausses de prix de l'énergie, dont 6 milliards environ de dépenses fiscales brunes, essentiellement des détaxes de combustibles pour certaines professions. Il s'agit cependant d'un minorant, puisque ne sont classées en dépenses fiscales que les rabais explicites dérogatoires du droit commun. Le coût de la non-taxation du kérosène n'en fait par exemple pas partie.

Ces montants ne concernent en outre que le périmètre État. S'agissant des collectivités territoriales, aucune source de même nature ne peut être mobilisée, mais on peut tenter une approximation à partir du montant de leur FBCF[1] en 2021 (50 milliards d'euros environ, dont environ 9 milliards de dépenses « brunes »). Le total des dépenses et dépenses fiscales brunes des administrations publiques serait de l'ordre de 25 milliards d'euros par an. Le potentiel de redéploiement est donc plus que significatif.

Pour souhaitable qu'il soit, un financement intégral par redéploiement (i.e. par la réduction de dépenses, brunes ou autres) apparaît cependant peu réaliste. Restent alors l'inflation, l'endettement ou la fiscalité.

Ex ante, l'inflation n'est jamais un bon moyen de financer un supplément de dépenses. Elle peut s'imposer *ex post* comme solution pour dévaloriser la dette, mais annoncer qu'on s'apprête à y avoir recours ne ferait que relever les anticipations de hausse des prix, sans effet sur le financement des dépenses à venir.

S'agissant d'un financement par l'endettement, il est, comme le rappelle Ragot (2023)[2], en principe souhaitable si le taux d'intérêt est inférieur au taux de croissance nominal. À cet égard, le contexte financier est évidemment bien différent de ce qu'il était il y a 18 mois, mais les alarmes récentes sur la remontée des taux sont excessives et les facteurs structurels qui étaient à l'origine de la faiblesse des taux d'intérêt n'ont pas disparu[3]. À 2,3 %, le taux long sans risque demeure inférieur ou au plus égal au taux de croissance nominal de l'économie. Le spread OAT-Bund reste quant à lui de l'ordre de 60 points de base, inchangé depuis un an. Le problème de finances publiques de la France ne provient pas de l'ampleur de l'effort qu'il faut aujourd'hui consentir pour la préservation du climat, mais de notre incapacité à maintenir dans la durée un niveau de prélèvements obligatoires cohérent avec notre niveau élevé de dépenses publiques – ou à accepter une baisse des dépenses cohérente avec le niveau de prélèvements obligatoires souhaité.

Du strict point de vue du bon usage des fonds publics, l'investissement climat doit être programmé sur trois décennies et son financement doit être envisagé au même horizon. Retarder au nom de la maîtrise de l'endettement public des investissements nécessaires à l'atteinte de la neutralité climatique n'améliorerait que facialement la situation, sans aucun bénéfice sur le fond.

[1] La « formation brute de capital fixe » est la valeur totale des acquisitions d'actifs fixes réalisées par les producteurs résidents, moins les cessions.

[2] Ragot X. (2023), « Quel policy-mix pour la politique climatique : dettes, taxes, inflation ? », à paraître.

[3] Voir Blanchard O. (2023), *Fiscal Policy under Low Interest Rates*, MIT Press, janvier. On peut objecter qu'un accroissement mondial de l'investissement pour le climat à hauteur de deux points de PIB changerait les termes de l'équilibre épargne-investissement et affecterait le taux réel d'équilibre r*.

Encadré 12 – Peut-on parler de dette climatique ?

Comme le rappelle Ragot (2023), la notion de dette climatique est importante, mais difficile à cerner et plus encore à mesurer. Elle est souvent invoquée en contrepoint de la dette financière, mais sans avoir reçu une définition suffisamment précise pour pouvoir être comparée à celle-ci.

Le but ici est d'en donner une définition simple et opérationnelle, en sorte qu'elle puisse être aisément calculée et communiquée par des entités économiques de différentes natures (États, entreprises, collectivités territoriales) et qu'elle puisse servir de base à la fixation de règles de comportement.

Quantités

La dette en quantités (tonnes d'équivalent-carbone) est facile à définir en référence à une trajectoire-objectif d'émissions. Soient $\tilde{E}_t$, $t = 1...T$ la chronique des émissions futures conforme à l'objectif fixé, à partir de la date 0 (qui peut par exemple être la date d'adoption par l'UE de l'objectif de neutralité carbone) et jusqu'à la date T. Il est naturel de prendre T = 2050, mais d'autres cibles sont évidemment possibles, notamment pour les entités qui se fixent des objectifs limitatifs à plus court terme.

On supposera que cette chronique satisfait à un budget carbone B, en sorte que $\sum_1^T \tilde{E}_t = B$ [1]. En conséquence, les écarts à la chronique programmée des émissions doivent être rattrapés (ce qui exclut par exemple une trajectoire où les efforts seraient repoussés dans le temps jusqu'à la veille de l'échéance finale). Pour toute chronique d'émissions effectives E_t, on peut définir à la date τ le déficit cumulé d'investissement public pour le climat comme :

$$\Gamma_\tau = \sum_1^\tau [E_t - \tilde{E}_t]$$

Ce déficit cumulé s'accumule au fil du temps en cas d'inaction, ou décroît en cas d'investissement en excès de la trajectoire-cible. En cela, il le caractère d'une dette.

[1] Comme indiqué au Chapitre 7, un budget carbone serait la meilleure traduction opérationnelle des engagements collectifs de limitation de la hausse des températures souscrits dans le cadre de l'Accord de Paris. Les contributions déterminées au niveau national (NDCs) ne prennent cependant pas cette forme. En particulier, l'UE ne s'est pas dotée d'un tel budget, mais seulement de plafonds d'émissions pour 2030 et 2050. Un budget carbone peut toutefois en être dérivé, sous l'hypothèse d'une évolution linéaire des émissions d'ici 2030 et entre 2030 et 2050. La France s'est fixé des budgets carbone sur cinq années.

Valorisation

Rendre dette financière et dette climatique commensurables suppose de passer des quantités aux euros. Pour cela, la valorisation de Γ_τ requiert une chronique de prix futurs du carbone. Pour la France, on dispose de celle du rapport Quinet, qui a l'avantage d'être cohérente avec le cadre dans lequel on raisonne[1]. Cette chronique de valeurs tutélaires date de 2019, elle peut éventuellement être actualisée pour tenir compte à la fois du rétrécissement du budget carbone et des progrès techniques observés depuis. Elle peut aussi être amendée par l'introduction d'une technologie de dernier ressort (*backstop technology*) du type capture directe du carbone dans l'atmosphère, afin de plafonner la chronique de prix et d'éviter des valeurs trop élevées[2].

Deux choix sont possibles pour cette valorisation : soit une approche « en valeur de marché » qui applique chaque année à l'ensemble du déficit cumulé la valeur tutélaire courante, soit une approche au coût historique qui ne réévalue pas chaque année la valeur des déficits passés. Cette seconde approche est préférable, non seulement parce qu'elle évite les sauts et est cohérente avec la méthode usuelle d'évaluation de la dette publique, mais aussi et surtout parce qu'il n'y a pas de raison de supposer qu'un investissement de décarbonation non effectué à l'année *t* ne puisse pas être effectué avec la même technologie et au même coût (ou même à un coût inférieur) à l'année *t + 1.* C'est donc elle qui devrait être retenue (avec, cependant, l'application d'un coefficient d'actualisation qui reflète l'augmentation générale des prix).

On aurait donc :

$$C_\tau = \sum_1^\tau p_t(1 + h_t^\tau)[E_t - \tilde{E}_t]$$

Où p_t est la valeur tutélaire du carbone et h_t^τ le coefficient d'actualisation.

Utilisation

Ce passif climatique C_τ est commensurable à une dette financière et calculé sur des bases cohérentes avec l'évaluation de cette dernière. Il pourrait :

[1] Puisqu'elle dérive d'une contrainte en quantité et non d'une chronique de coût social du carbone résultant d'un calcul d'optimisation intertemporelle. Voir Quinet A. (2019), *La valeur de l'action pour le climat*, France Stratégie.

[2] C'est le choix fait par Gueret A., Malliet P., Saussay A. et Timbeau X. (2018), « Une évaluation exploratoire de la dette climatique », *OFCE Policy Brief*, n° 44, décembre.

- être calculé et publié chaque année par l'Insee pour l'État et l'ensemble des administrations publiques ;
- servir de base à la définition de règles européennes sur les conditions d'une fongibilité partielle entre dette climatique et dette financière, sous contrainte de soutenabilité de cette dernière ;
- être calculé et publié chaque année par les collectivités territoriales, sur la base d'objectifs qu'elles se seraient donnés. De la sorte, celles-ci pourraient rendre compte de leurs efforts pour le climat et des implications de cet effort pour l'évolution de leur dette financière[1].

Pour agréger passif climatique et dette financière, on pourrait techniquement avoir recours à une fonction de type CES, en fixant une élasticité de substitution correspondant aux préférences collectives et à la pondération des risques entre soutenabilité climatique et soutenabilité financière. En pratique, on pourrait concevoir que les entités concernées se fixent (ou se voient fixer) un coefficient Θ qui reflète l'aversion relative aux risques climatiques et aux risques financiers, et programment sur cette base l'évolution de leur dette agrégée $C_\tau + \Theta D_\tau$.

On pourrait également imaginer de créer une bourse d'échange de quota d'émissions entre entités publiques, en sorte de minimiser à chaque instant le coût global de la décarbonation.

3. Un accroissement temporaire des prélèvements obligatoires sera probablement nécessaire

Pour autant, plusieurs arguments plaident pour ne pas écarter un financement par les prélèvements obligatoires :

- Les règles européennes, dont la réforme est en cours, ne créeront certainement pas un espace suffisant pour un financement par la dette publique. En l'état actuel des discussions, les politiques budgétaires des États dont le déficit public est supérieur à 3 % du PIB ne bénéficieront d'aucune marge de manœuvre additionnelle par rapport à

[1] Les collectivités territoriales n'ont actuellement pas de cible de réduction des émissions et donc pas de trajectoire correspondante. Il n'apparaît pas souhaitable de leur fixer de telles cibles selon une logique descendante, parce que l'hétérogénéité entre elles est trop grande. En revanche, on pourrait fixer une cible pour l'ensemble des collectivités, demander qu'elles se dotent d'objectifs quantifiés et procéder par agrégation, comme on le fait aujourd'hui dans le cadre de l'Accord de Paris.

la situation présente[1]. En particulier, aucun traitement de faveur n'est envisagé pour l'investissement vert ;

- Un accroissement mondial de l'investissement pour le climat à hauteur de deux points de PIB changerait les termes de l'équilibre épargne-investissement et affecterait le taux d'intérêt réel d'équilibre r* ;

- Avec 4,7 % de déficit public en 2022 (dont 2,7 % de solde primaire, hors charge d'intérêts), la France est encore loin d'une situation assainie. À l'avenir, le recours à l'endettement peut être nécessaire pour financer des surcroîts temporaires de dépenses et ainsi lisser l'évolution des prélèvements. C'est ce qui a été fait en réponse à la crise pandémique de 2020-2021 ou à la crise financière de 2008-2010. Dans un contexte de taux incertain, il importe de préserver une marge de manœuvre pour un financement de dépenses imprévues par la dette. L'incertitude sur l'avenir du climat et le coût des dommages futurs plaide dans le même sens ;

- Enfin la position extérieure nette de la France est négative à hauteur de 40 points de PIB environ. Financer la transition par l'endettement plutôt que par une épargne supplémentaire risquerait d'aggraver une situation déjà précaire.

Dans un tel contexte, le recours à une hausse temporaire des prélèvements obligatoires – en l'espèce de la fiscalité – ne peut pas et ne doit pas être exclu. Comme le rappelle Ragot (2023), l'analyse économique montre d'ailleurs que la réponse optimale à des chocs exogènes prolongés sur la dépense publique est de les financer par des prélèvements exceptionnels et explicitement temporaires sur le capital[2].

Ce choix répond par ailleurs à l'impératif d'équité dont on a rappelé au Chapitre 9 combien il était essentiel et combien il conditionnait l'acceptation par les Français des efforts que va leur demander la transition climatique. Un prélèvement dédié, explicitement temporaire et calibré *ex ante* en fonction du coût anticipé de la transition pour les finances publiques pourrait par exemple être assis sur le patrimoine financier des ménages les plus aisés[3]. Sachant qu'une part du patrimoine immobilier tend à être dévalorisé par le changement

[1] Voir les propositions législatives de la Commission européenne pour la réforme de la gouvernance économique du 26 avril 2023.

[2] Ce résultat, établi dans un cadre simplifié où l'État peut s'endetter mais ne dispose que de deux types de recettes fiscales est notamment dû à Farhi E. (2010), « Capital taxation and qwnership when markets are incomplete », *Journal of Political Economy*, vol. 118, n° 5, octobre, p. 908-948.

[3] L'actif financier net des ménages était de 4 700 milliards d'euros en 2021, dont 3 000 milliards pour les 10 % les mieux dotés. Un prélèvement forfaitaire exceptionnel de 5 %, dans une fenêtre de trente ans, rapporterait donc 150 milliards, soit un peu plus de 5 points de PIB au total. Sources : Banque de France pour le montant du patrimoine des ménages ; Insee pour leur répartition.

climatique et que les dépenses d'atténuation pèsent sur les propriétaires, on pourrait d'ailleurs y voir une forme d'équité entre détenteurs de différents types de patrimoine.

Plus largement, la transition climatique imposera de toute façon une réflexion sur ses implications pour la structure de la fiscalité. En dépit du coup d'arrêt donné à la hausse de la taxe carbone, l'utilisation de la fiscalité à des fins incitatives reste à bien des égards préférable aux instruments réglementaires ou aux subventions. Mise en œuvre du SEQE 2, recherche de substituts aux accises fossiles et élimination des niches fiscales brunes sont autant d'invitations à repenser la fiscalité pour adapter sa structure à une économie neutre en carbone.

CHAPITRE 11

À L'HORIZON 2030, LA TRANSITION CLIMATIQUE CRÉE UN RISQUE SIGNIFICATIF DE CONFIGURATION INFLATIONNISTE

1. De la « grande modération » à la « grande volatilité » ?

Pendant deux décennies, de la fin des années 1980 à la crise financière de 2008, l'économie mondiale a été sous l'emprise de la « grande modération » : la volatilité du PIB comme celle des prix était très limitée. Puis, de 2008 à 2021, elle a connu un épisode prolongé de très faible inflation, au cours duquel les politiques monétaires se sont attachées à contrer le risque de déflation. Cette longue séquence – un tiers de siècle au total – s'est interrompue à la fin 2021, avec le réveil brutal de l'inflation. On a cru, un temps, qu'il s'agissait d'un phénomène temporaire, attribuable à des causes contingentes en sortie de crise Covid. On en est progressivement venu à se demander s'il ne fallait pas y voir le signe d'une rupture plus profonde, dont la transition climatique pourrait bien être une composante significative[1].

La grande modération a été l'effet d'un ensemble de facteurs[2]. Pour partie, il faut y voir le résultat d'un apprentissage des gouvernements et des banques centrales, après des années marquées par leur insuccès dans la lutte contre l'inflation. Pour partie aussi, elle est provenue de facteurs structurels comme le « doublement de la force de travail mondiale » provoqué par l'entrée de la Chine dans l'échange international[3]. Corrélativement, ou de surcroît, certaines économies ont connu un affaiblissement du pouvoir de négociation des

[1] Voir en particulier le discours d'Isabel Schnabel à la conférence des banquiers centraux de Jackson Hole, Monetary policy and the great volatility, 27 août 2022.

[2] Pour une discussion des facteurs sous-jacents à cette performance, voir Bernanke B. S. (2004), « The Great Moderation Remarks at the meetings of the Eastern Economic Association », 20 février.

[3] Voir Freeman R. (2008), « The new global labor market », Focus, n° 26, University of Wisconsin–Madison Institute for Research on Poverty, été-automne.

salariés[1]. À partir du milieu des années 2000, l'exploitation du gaz et du pétrole de schiste est venue s'adjoindre à ces facteurs et en contrariant le pouvoir de marché de l'OPEP, elle a contribué à stabiliser le prix des hydrocarbures. Pendant plus de dix ans, le monde a ainsi pu compter sur une offre très élastique d'énergie fossile à un prix modéré[2].

À long terme, le basculement d'un système énergétique fondé sur les combustibles fossiles vers un système fondé sur les énergies renouvelables (et secondairement le nucléaire) sera très certainement pour l'Europe un facteur de réduction de la volatilité de l'inflation. Cette mutation promet en effet de nous faire sortir de la rareté énergétique, avec ce que celle-ci implique de risques associés à la concentration de l'offre entre les mains d'un petit nombre de pays producteurs. Aujourd'hui, les trois premiers producteurs mondiaux de pétrole (États-Unis, Russie et Arabie saoudite) et les quatre premiers producteurs de gaz (États-Unis, Russie, Chine et Iran) représentent ainsi respectivement 42,9 % et 50,1 % de la production totale[3].

Les projections de RTE pour 2050 laissent d'ailleurs attendre une poursuite, à un rythme atténué, de la baisse du coût de l'électricité produite par les renouvelables et une hausse modérée de son coût complet, une fois pris en compte les coûts de réseau[4]. Parallèlement, la volatilité à court terme des prix qu'induit le phénomène d'intermittence des énergies renouvelables devrait trouver une solution avec le développement du stockage de l'électricité.

Dans la décennie qui vient, cependant, la transition ne sera pas sans heurts. D'une part, l'offre mondiale d'énergie risque de se trouver contrainte par la faiblesse actuelle des investissements. Comme le répète à l'envi l'Agence internationale de l'énergie (AIE), l'investissement mondial dans les énergies fossiles a significativement baissé, mais faute de visibilité sur les conditions économiques de leur exploitation et faute de financement adéquat, en particulier dans les pays en développement, l'investissement dans les énergies renouvelables n'a pas augmenté à due concurrence. En conséquence, l'atteinte de la neutralité carbone requiert d'ici 2030, en même temps qu'une réallocation de l'effort vers les énergies vertes, un doublement du volume de l'investissement énergétique dans les pays avancés et une multiplication par 2,5 dans les pays en développement et les pays émergents[5]. Il faudra plusieurs années avant que s'établisse un équilibre rationnel des flux

[1] Voir Stansbury A. et Summers L. (2020), *The Declining Worker Power Hypothesis: An Explanation for the Recent Evolution of the American Economy*, Brookings Papers on Economic Activity, printemps.

[2] Voir notamment Balke N., Jin X. et Yücel M. (2020), « The shale revolution and the dynamics of the oil market », Working Paper, n° 2021, Federal reserve Bank of Dallas, juin.

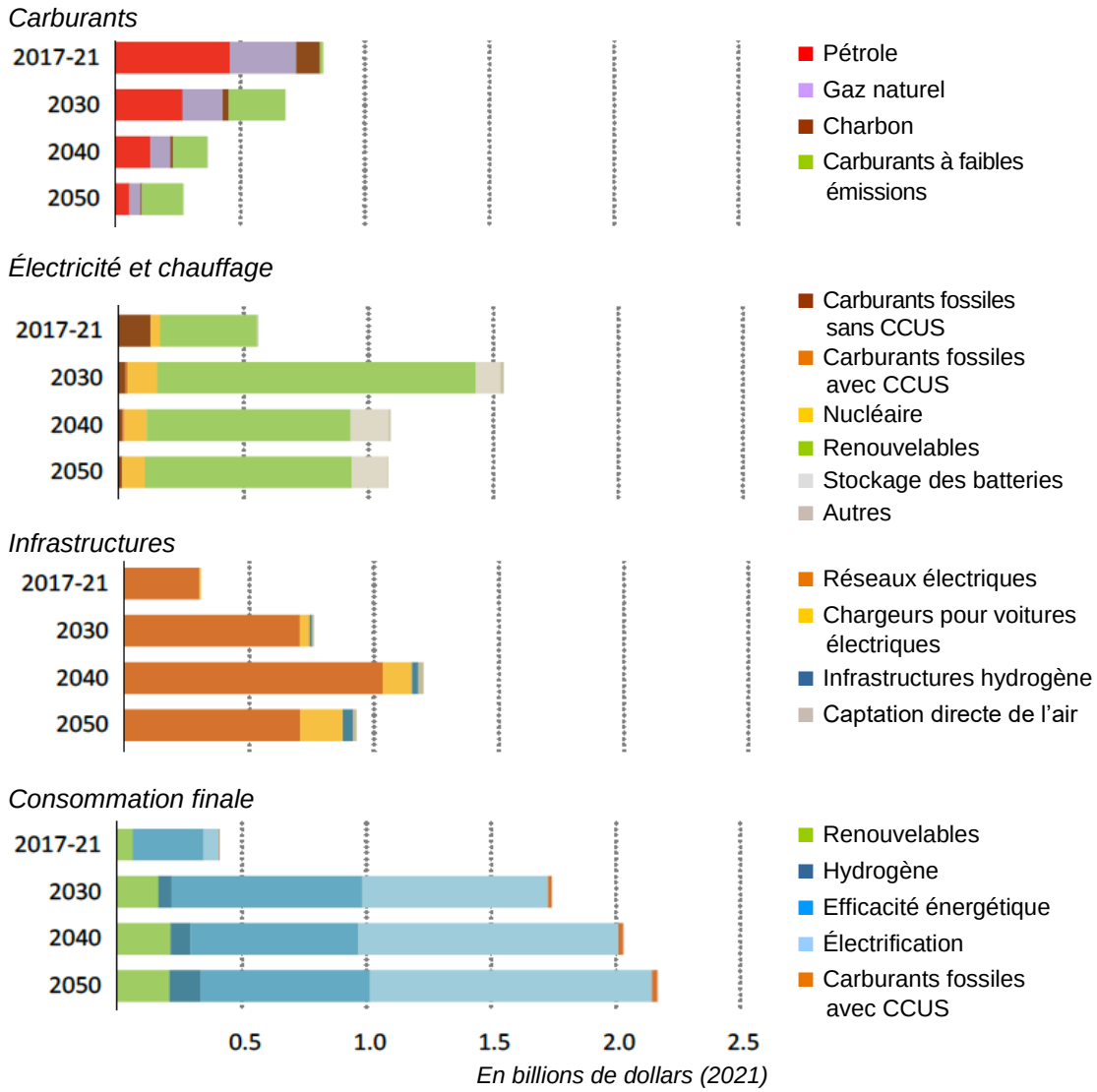
[3] Source : *BP Statistical Review*, 2022.

[4] Voir le rapport thématique *Inflation*.

[5] Voir Agence internationale de l'énergie (2022), *World Energy Outlook*, octobre. Pour fixer les idées, il faut que le volume annuel d'investissement énergétique passe, dans les pays avancés, d'un peu moins de 1 000 milliards

d'investissement, et plusieurs années encore avant que les productions des différentes énergies s'établissent à un niveau correspondant à la demande dont elles font l'objet.

Graphique 22 – Investissement énergétique mondial : situation récente et besoins à l'horizon 2050 dans un scénario de neutralité carbone



Lecture : entre 2017 et 2021, les investissements dans le pétrole ont représenté 400 milliards de dollars ; en 2050, ils devront en représenter environ 100 milliards de dollars.

Source : AIE (2022), World Energy Outlook 2022

à 2 000 milliards de dollars entre 2017-2021 et 2030 et que dans le même temps il augmente, dans les pays en développement et les pays émergents, d'un peu plus de 1 000 milliards à plus de 2 500 milliards par an. Globalement, l'investissement énergétique devrait donc passer de 2 % à 4 % du PIB mondial.

D'autre part, la rapidité de la transition vers les énergies renouvelables induit de fortes tensions sur les marchés des matériaux critiques. Si l'on tient compte d'une part des besoins de l'éolien et du solaire, d'autre part ceux de l'industrie des batteries, ce sont plus d'une dizaine de métaux et minerais dont la demande devrait très fortement progresser dans les années à venir. Même si ces matériaux ne sont pas intrinsèquement rares, et même si la valeur unitaire des importations européennes est faible, la Chine dispose pour une bonne partie d'entre eux d'une position dominante, soit au stade de l'extraction soit, le plus souvent, à celui du raffinage ou à celui de l'intégration dans les composants finaux[1]. Dans un contexte de tensions géopolitiques, on devrait en conséquence observer dans la prochaine décennie une récurrence de phénomènes de pénurie, de perturbation des chaînes de valeur, et donc d'instabilité des prix[2].

Alors que la transition d'un système énergétique fondé sur les énergies fossiles à un système fondé sur les renouvelables et secondairement le nucléaire va s'opérer à un rythme sans précédent historique, ces différents facteurs risquent de conduire, temporairement, à une hausse du prix relatif de la ressource énergétique. Il est très probable que cette hausse soit accompagnée d'une augmentation sensible de la volatilité des prix des différentes énergies.

2. Des pressions inflationnistes d'origine interne

À ces facteurs globaux vont s'adjoindre des pressions inflationnistes d'origine interne. Comme détaillé au Chapitre 8, la transition vers la neutralité climatique implique en effet qu'il va falloir investir plus pour produire plus ou moins la même quantité de biens et de services et a donc toutes les caractéristiques de ce que les économistes appellent un choc d'offre négatif. Du fait qu'elle va à la fois créer et détruire des emplois, mais que ceux-ci ne feront pas appel aux mêmes compétences ni ne seront localisés au même endroit, elle s'accompagnera de tensions sur le marché du travail. Enfin elle contraindra à mettre au rebut du capital « brun », physique ou immatériel, avant qu'il ait atteint la fin de sa vie économique, pour le remplacer par un nouveau capital « vert ». Ici encore, l'effet sur l'offre sera négatif.

Comme analysé dans les chapitres précédents, il y a différentes raisons à cela :

- En vue de décarboner l'économie, une part de l'investissement (matériel ou immatériel) qui allait à l'extension des capacités de production ou à l'amélioration de la productivité du travail va devoir être alloué à la substitution d'énergies renouvelables à des énergies

[1] Voir sur ce point Le Mouel M. et Poitiers N. (2023), *Why Europe's critical raw materials strategy has to be international, Bruegel Analysis*, avril.

[2] Voir le rapport thématique *Inflation*.

fossiles ou à la recherche de l'efficacité énergétique (par exemple, de la construction neuve vers la rénovation). À défaut d'une réorientation substantielle de l'effort d'investissement, l'impact de ces évolutions sur le PIB potentiel ne pourra être que négatif, puisque le volume d'investissement consacré à son augmentation sera plus faible. Bien entendu, rien n'implique que l'investissement total reste constant. On peut concevoir que son volume augmente en sorte de maintenir l'offre agrégée au niveau du scenario de référence. Mais alors, celle-ci fera face à une demande accrue. Cela reste une configuration typiquement inflationniste ;

- Il en ira de même, à plus longue échéance, de la réorientation de l'effort de recherche-développement vers les économies d'énergie et le développement des énergies renouvelables. L'impact de ces transformations sur le volume de l'offre sera de même nature, et sauf effets externes importants de la recherche-développement sur les coûts des intrants énergétiques, l'impact de cette mutation sur les coûts de production ne devrait pas contrarier cette logique[1] ;
- En raison d'inadéquations offre-demande de nature sectorielle ou géographique, la transition climatique devrait augmenter les besoins de réallocations entre métiers et renforcer les difficultés qui préexistent : inadéquation entre demande et offre pour certains métiers, notamment en termes de qualifications, besoin de mobilité professionnelle et géographique, attractivité insuffisante de certains postes de travail (conditions de travail et rémunération). Sans être alarmantes, ces frictions devraient être suffisamment notables pour contribuer à l'accroissement des difficultés de recrutement dans les métiers en tension et, partant, elles devraient alimenter les pressions inflationnistes[2] ;

En revanche, il ne semble pas que l'obsolescence accélérée du capital productif ou résidentiel soit un sujet important de préoccupation. Qualitativement, la mise au rebut accéléré d'équipements bruns (chaudières, centrales à charbon) et de bâtiments inadaptés, comme l'arrêt programmé des certaines filières industrielles (moteurs thermiques) va réduire l'offre agrégée. Quantitativement cependant, ces phénomènes pèseront moins en France que dans d'autres pays, en raison d'une production électrique essentiellement neutre en carbone et d'une part limitée de l'industrie dans la valeur ajoutée d'ensemble[3].

La Banque de France a récemment simulé à horizon de cinq ans quatre scenarios de transition climatique qui diffèrent selon les instruments mise en œuvre pour y parvenir (taxation du carbone, investissement public, investissement privé) et la prévisibilité de la

[1] Voir le rapport thématique *Productivité*.

[2] Voir le rapport thématique *Marché du travail*.

[3] Voir le rapport thématique *Marché du capital*.

politique publique[1]. Dans deux cas sur quatre (taxation du carbone et investissement public), l'impact inflationniste serait notable, et il le serait aussi dans celui d'un choc d'incertitude négatif, compte-tenu de ce que l'inflation baisserait nettement moins que le PIB. Le seul scenario vertueux est celui dans lequel la transition serait pilotée par l'investissement privé et donnerait lieu à des gains de productivité notables.

Encore faut-il noter que ces travaux supposent en général qu'une politique de tarification du carbone est plus inflationniste qu'une politique réglementaire, voire que cette dernière pourrait avoir un effet désinflationniste. Or cet effet provient largement de conventions de mesure : suivant en cela les normes internationales et européennes, la statistique publique ne prend généralement pas en compte la hausse des coûts induite par la réglementation, plus exactement elle l'attribue à un effet qualité. En sens inverse, la baisse éventuelle de leur coût d'usage (du fait par exemple d'une moindre consommation de carburants) ne se traduit pas non plus en prix. En revanche, les statistiques de prix peuvent enregistrer les effets d'une baisse des prix sur les nouveaux biens après que ceux-ci ont été introduits dans l'indice. Ainsi sera prise en compte la baisse de prix ultérieure des véhicules électriques, au fur et à mesure que le progrès technique et les effets d'expérience produiront leurs effets.

3. Les enjeux pour la politique monétaire

Qu'elles soient d'origine globale ou interne, les perturbations potentielles qui viennent d'être recensées seront très certainement temporaires. À partir de 2030, elles devraient s'atténuer et laisser place à des enchaînements plus favorables. À tout le moins, la réduction progressive de la dépendance aux combustibles fossiles devrait apporter des gains de revenu et mettre en jeu des mécanismes désinflationnistes, dont les effets devraient être puissants. Reste que dans l'intervalle, les politiques monétaires vont devoir faire preuve de doigté.

La réponse monétaire adéquate à un choc à caractère inflationniste dépend, outre de son ampleur, de sa persistance et de sa nature[2]. En principe, un choc passager n'implique pas de réaction, sauf s'il risque d'induire un désancrage des anticipations d'inflation : c'est la doctrine du *look through*. Quant à la nature de la perturbation, un choc de demande ne place pas la banque centrale face à un conflit d'objectifs, tandis qu'un choc d'offre suscite un tel conflit. En ce cas, on considère généralement que la bonne réponse est de réagir au choc d'offre par une hausse proportionnée des taux directeurs.

1 Voir Dees S. *et al.* (2023), « Transition vers la neutralité carbone : quels effets sur la stabilité des prix ? », Bulletin de la Banque de France, n° 245/3, mars-avril ; et le rapport thématique *Inflation*, qui résume les principaux traits des scénarios correspondants.

2 Voir le rapport thématique *Inflation*.

Si l'Eurosystème s'est montré soucieux de l'enjeu climatique et désireux de contribuer, dans le cadre de son mandat, à l'action entreprise par l'Union, à aucun moment il n'a suggéré qu'il faille revenir sur la priorité à la stabilité des prix. Le voudrait-il d'ailleurs qu'il se heurterait au Traité (TFUE, Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne) dont l'Article 127 lui assigne la stabilité des prix pour objectif prioritaire. Le soutien aux politiques économiques générales dans l'Union au sens de l'Article 3 du Traité sur l'Union européenne (TUE), parmi lesquelles « le développement durable de l'Europe », n'intervient que « sans préjudice de l'objectif de stabilité des prix ».

Ce rappel est nécessaire parce qu'une quasi-décennie de politique non-conventionnelle a brouillé les cartes et laissé croire que la BCE pourrait intégrer la préservation du climat parmi ses objectifs de premier rang. Or la politique monétaire est un outil très indirect d'action climatique, qui vient loin derrière la fiscalité, la réglementation et les subventions dans la hiérarchie des instruments, et le réveil de l'inflation a fait rapidement oublier les discussions qui avaient cours quant aux modalités éventuelles d'un assouplissement quantitatif vert (*Green QE*)[1].

Les discussions quant à l'arbitrage entre objectif climatique et objectif de stabilité des prix se résument alors essentiellement à trois questions :

- Une question d'indicateurs et de mesure de l'inflation. Dans un environnement de changement structurel et d'instabilité, instituts statistiques et banques centrales doivent-elles réviser les indicateurs d'inflation ?
- Une question de choix de la cible d'inflation. La discussion sur la pertinence de l'objectif de 2 % retenu par la BCE (comme par la plupart des autres banques centrales) a été ouverte dès 2010 par Olivier Blanchard, alors chef économiste du FMI. Parce que la transition appelle de fortes modifications de prix relatifs, elle redonne poids à la critique selon laquelle cette cible est trop basse ;
- Une question d'arbitrage intertemporel. Les banques centrales peuvent-elles « regarder à travers » des perturbations temporaires ? Si la politique monétaire fait, d'une manière ou d'une autre, obstacle à l'action climatique, prend-elle le risque d'induire une plus grande instabilité des prix à un horizon plus éloigné ?

1 Voir NGFS (2021), *Adapting central bank operations to a hotter world: Reviewing some options*, mars. On n'évoque pas ici la politique prudentielle, qui est une responsabilité séparée des banques centrales. On n'évoque pas non plus leur rôle dans l'allocation du crédit, qui est une question importante dans un contexte de besoins d'investissement importants dans les secteurs les plus concernés par la transition climatique. Cependant si l'allocation du crédit demeure une responsabilité importante des banques centrales dans les pays émergents ou en développement, dans les pays avancés la responsabilité en a été transférée à d'autres acteurs (banques de développement, banques d'investissement).

Il n'y a pas de réponse univoque à la première question, sinon pour souligner le risque d'obsolescence de la définition usuelle de la stabilité des prix. On a déjà indiqué les problèmes de mesure que posent la prise en compte de la qualité environnementale des biens entrant dans l'indice, et celle des effets comparés des taxes et des normes.

On ne saurait trop souligner l'urgence d'un travail minutieux sur les enjeux de mesure de l'inflation et de définition de l'objectif de stabilité des prix. L'expérience montre que la perception d'un écart entre inflation ressentie et inflation mesurée est source de suspicion à l'égard des institutions publiques (gouvernement, banque centrale, instituts statistiques). Plutôt que de confiner le débat aux seuls experts il importe, dans un contexte de grande méfiance envers ces institutions, que les problèmes sous-jacents soient abordés de manière explicite et concertée.

La deuxième question se pose avec une acuité nouvelle dans un contexte de choc inflationniste. Tant que le changement de cible d'inflation supposait un relèvement soudain et difficile à justifier de la définition de la stabilité des prix, l'argument selon lequel une cible plus élevée permettrait de contrer les risques de déflation et de donner plus d'espace pour l'ajustement des prix relatifs apparaissait peu convaincant. Il en va autrement dans un contexte où l'on peut s'attendre que la transition climatique induise de forts changements des prix relatifs. Olivier Blanchard a récemment plaidé[1] pour un relèvement de l'objectif à 3 %. Lancer le débat aujourd'hui serait pour les banques centrales une manière de reconnaître une défaite, mais la question risque de se poser une fois que l'inflation sera revenue vers les 3 %.

La troisième question, complémentaire de la précedente, oblige aujourd'hui les banques centrales à réfléchir à plus long terme qu'elles n'ont l'habitude de le faire et à intégrer dans leur réflexion des considérations dont elles ne sont pas coutumières. Si les analyses présentées dans ce chapitre sont justes, l'action climatique va renforcer les risques inflationnistes du fait du ralentissement de la productivité ou des coûts de la construction d'une économie plus résiliente.

Au total, s'efforcer de ramener rapidement l'inflation au voisinage de l'objectif de 2 % permettrait certes d'éviter un désancrage des anticipations, mais une réponse monétaire trop vigoureuse risquerait d'accroître les préventions à l'égard de l'action climatique, de retarder les efforts en direction de la construction d'une économie décarbonée, et d'augmenter en conséquence le risque d'une transition désordonnée. Ce serait, pour des institutions dédiées à la stabilité, une victoire à la Pyrrhus. Dans le contexte de la transition climatique, les banques centrales doivent au minimum conduire la politique monétaire avec doigté, et sans doute même opérer un relèvement temporaire de leur cible d'inflation.

[1] Blanchard O. (2022), « It is time to revisit the 2% inflation target », *Financial Times*, 28 novembre.

CHAPITRE 12

L'EUROPE SE DOTE D'INSTRUMENTS POUR TRAITER SON PROBLÈME DE COMPÉTITIVITÉ, MAIS CEUX-CI RISQUENT D'ÊTRE INSUFFISANTS POUR Y PORTER REMÈDE

1. Le handicap d'un prix de l'énergie élevé

Le défi de la compétitivité climatique est aujourd'hui majeur pour l'Union européenne. Il se pose à plusieurs niveaux :

– celui des *prix de l'énergie*, en particulier bien sûr du gaz, qui sont actuellement beaucoup plus onéreux que chez nos principaux concurrents, en particulier qu'aux États-Unis ;

– celui des *fuites de carbone* vers des pays dont l'effort de décarbonation est plus limité que le nôtre, notamment les pays émergents et en développement ;

– celui de *l'égalisation des conditions de concurrence* entre l'UE et les pays dont l'effort de décarbonisation est voisin du nôtre, mais repose sur des instruments différents. Cette question a été posée avec acuité par l'Inflation Reduction Act américain, mais elle est plus large ;

– celui, enfin, de la construction d'une *offre industrielle verte compétitive*, à partir d'une situation qui, comme on l'a rappelé au Chapitre 3, est marquée par un retard préoccupant de l'UE par rapport à la Chine et aux États-Unis.

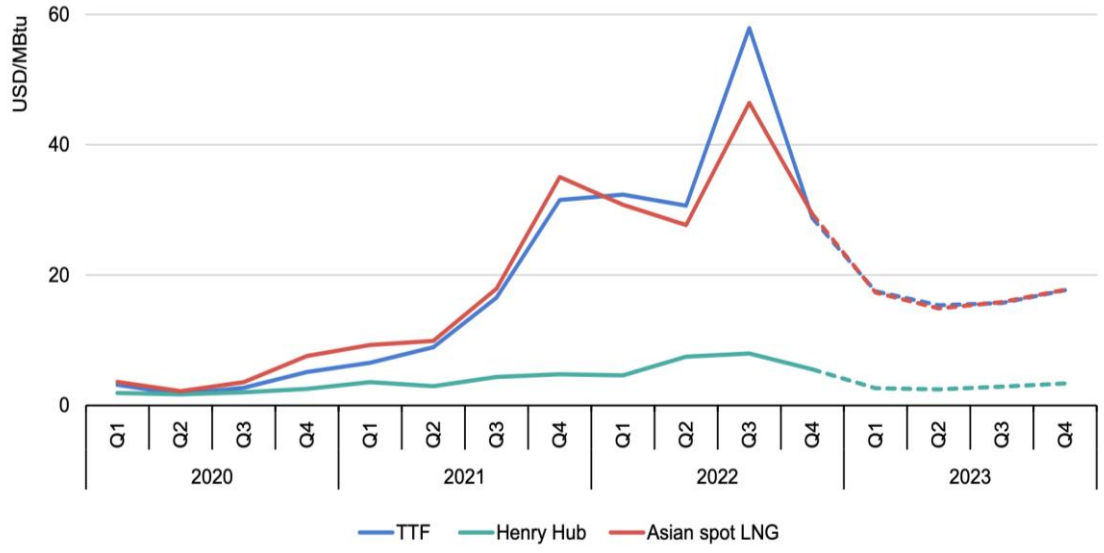
Parce que les problèmes sont distincts les uns des autres, il importe d'identifier clairement celui auquel telle ou telle mesure vise prioritairement à répondre. Parce qu'ils sont interdépendants, ces différentes mesures doivent s'insérer dans une stratégie d'ensemble.

Les prix de l'énergie sont un déterminant important de la compétitivité globale, particulièrement bien sûr dans les secteurs énergo-intensifs. Les travaux sur données

individuelles d'entreprise montrent ainsi qu'une hausse du prix de l'électricité ou du gaz est intégralement répercutée sur les prix des exportations et a donc pour effet une chute des exportations, de la production et de l'emploi. Une hausse de 10 % du prix de l'électricité réduit ainsi les exportations d'environ 2 %, tandis que production et emploi baissent de 1,5 %. Pour le gaz, les impacts sont en moyenne de l'ordre de deux fois plus faibles dans le cas français, compte tenu de la faible part de cette énergie dans notre mix énergétique[1].

Le bas coût de l'électricité d'origine nucléaire a longtemps été un atout pour l'économie française et le prix du gaz russe l'a également été pour l'industrie allemande. Ces avantages historiques ont cependant été remis en cause. D'une part, le prix de l'électricité pour les acheteurs industriels a été depuis 1996 indexé sur le prix de l'énergie marginale, c'est-à-dire souvent du gaz, compte tenu de ce que celui-ci joue le rôle d'appoint dans l'alimentation du système électrique en énergie primaire. D'autre part, le prix du gaz a connu à partir de la mi-2021 une hausse prononcée sous l'effet des restrictions à l'exportation russes. À l'inverse, le prix du gaz américain a varié dans des proportions beaucoup plus limitées. L'Europe a donc soudainement fait face à un problème massif de compétitivité énergétique.

Graphique 23 – Prix du gaz sur les marchés européen, asiatique et américain



Lecture : au troisième trimestre 2022, le prix du gaz naturel sur le marché européen (TTF) a atteint près de 60 $/mBTu, alors que le prix sur le marché américain (Henry Hub) était inférieur à 10 60 $/mBTu.

Source : AIE (2023), Gas Market Report, Q1-2023*, février*

[1] Voir Fontagné L., Martin P. et Orefice G. (2023), « *The many channels of firms' adjustment to energy shocks: Evidence from France* », papier présenté au panel *Economic Policy,* avril.

La chute du prix du gaz récemment observée résulte des efforts de réduction de la consommation et de la diversification des approvisionnement, auxquels sont venus s'adjoindre les effets d'un hiver doux[1]. Il ne fait pas de doute, cependant, que des tensions récurrentes sur le prix du gaz vont perdurer tant que l'UE restera dépendante à l'égard des énergies fossiles importées. La reprise des achats chinois pourrait d'ailleurs bientôt y contribuer.

Dans l'immédiat, l'Europe dispose de deux leviers pour limiter l'impact de ces tensions sur sa compétitivité, qu'elle a l'un et l'autre activés. Le premier est le recours à des achats groupés, dont l'incidence restera néanmoins modeste. Le deuxième, plus structurel, est la réforme du marché de l'électricité. La question a été l'objet d'une longue bataille entre ceux, dont la France, qui redoutaient l'instabilité des prix et ceux, dont l'Allemagne, qui redoutaient surtout les pénuries physiques et voulaient pour cette raison préserver l'efficience du marché. Le compromis proposé par la Commission prévoit de maintenir l'indexation du prix sur le coût de l'énergie marginale, mais encourage les États à mettre en place pour les énergies décarbonées des instruments contractuels dont la généralisation devrait substantiellement limiter la volatilité des prix[2]. Ce projet, qui doit maintenant faire l'objet d'un accord au Conseil et d'une approbation par le Parlement, devrait aboutir dans les trimestres qui viennent et mettre ainsi un terme à une longue controverse intra-européenne. Si tel est le cas, l'impact de la hausse du prix du gaz sur la compétitivité de l'UE en sera amoindri. Il ne pourra cependant être éliminé que par la décarbonation de l'offre électrique et des consommations industrielles de combustibles fossiles. Nous allons devoir vivre au moins une décennie avec ce problème.

2. Fuites de carbone, hétérogénéité des stratégies : des réponses mal assurées

Le risque de fuites de carbone a été diagnostiqué de longue date : en l'absence d'un prix mondial du CO_2, une tarification des émissions ou des mesures réglementaires équivalentes risquent simplement de provoquer un déplacement des établissements fortement émetteurs et des emplois associés vers des pays où le prix est plus bas ou la réglementation moins stricte, sans bénéfice aucun pour le climat. C'est pour cette raison que les économistes ont plaidé pour un prix mondial du carbone, c'est pour cela que

[1] Les données disponibles ne permettent pas de savoir quel est précisément le coût d'approvisionnement de l'économie européenne. Les prix spot ne traduisent en effet pas la réalité d'un marché où une part des achats de gaz continue de s'effectuer dans le cadre de contrats de long terme entre fournisseurs et acheteurs.

[2] Voir la proposition de la Commission du 14 mars 2023. Les instruments principaux sont, pour les industriels des Accords d'achat d'électricité (*Power Purchase Agreements*) avec les fournisseurs et pour la génération d'électricité additionnelle des Contrats d'écart compensatoire bidirectionnels (*Two-way Contracts for Difference*) qui seront réservés aux énergies renouvelables et au nucléaire.

certains continuent courageusement de le faire en dépit de l'aversion politique que suscite généralement cette idée[1].

L'Accord de Paris a pris acte de l'irréalisme non seulement de ce projet, mais de la vision qui le sous-tendait, selon laquelle les pays se soumettraient à des contraintes de plus en plus dures à mesure qu'ils se développeraient. Comme le détaille le rapport thématique *Compétitivité*, c'est ce qui a conduit l'Union européenne à attribuer dans un premier temps des quota gratuits aux secteurs industriels intensifs en carbone soumis au Système d'échange de quota d'émissions (SEQE), puis dans un deuxième temps à légiférer sur la création d'un Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF). Ce mécanisme, qui est appelé à se substituer aux allocations de quota gratuits, est destiné à lutter contre les fuites de carbone en compensant les écarts de coût. La nécessité s'en faisait d'autant plus sentir que le prix du carbone sur le marché des quota avait atteint 100 euros la tonne et était appelé à augmenter encore avec le durcissement programmé des allocations de quota.

Dans son principe, le fonctionnement du MACF est simple : l'importateur d'un produit (par exemple l'acier) soumis à quota d'émission devra acquérir des certificats spécifiques (« certificats MACF ») au prix du marché SEQE et à proportion des quota qui auraient été achetés sur le marché si ce produit avait été fabriqué en Europe. En cas de tarification carbone explicite dans le pays d'origine, il pourra déduire le montant déjà acquitté par l'exportateur et ne payer son certificat que sur la base de la différence entre le prix sur le marché SEQE et le prix du carbone dans le pays d'origine. C'est donc un mécanisme d'égalisation des conditions de concurrence entre des pays dont les efforts de réduction des émissions diffèrent.

Le MACF a été conçu pour être compatible avec les règles de l'Organisation mondiale du commerce, qui prévoient des exceptions pour motif environnemental à condition que celles-ci ne soient pas « appliquées de façon à constituer soit un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable entre les pays où les mêmes conditions existent, soit une restriction déguisée au commerce international »[2]. Cela ne lui a pas épargné les critiques, que ce soit de la part de pays émergents qui n'ont pas le même niveau d'ambition que l'UE et n'ont pas tardé à y voir une forme de protectionnisme déguisé, ou de la part de pays (dont les États-Unis) dont la stratégie de décarbonation repose sur d'autres instruments que la tarification du carbone.

[1] Voir Gollier C. (2019), *Le Climat après la fin du mois*, Paris, Puf.

[2] Traité GATT, Article XX.

Dans le même temps, des critiques opposées lui ont été faites en Europe, de la part notamment de secteurs ou d'entreprises qui se jugent insuffisamment protégées :

- Le MACF ne répond en rien aux problèmes de distorsion de concurrence sur les marchés d'exportation (il les aggrave même, puisque les exportateurs bénéficiaient auparavant de quota gratuits). À contenu en carbone inchangé, une tonne d'acier exportée sera affectée d'un surcoût si elle est produite dans l'UE ;
- Compte tenu de son champ d'application actuel, le MACF ne répond que partiellement aux problèmes de distorsion de concurrence des secteurs aval. Une voiture fabriquée dans l'UE avec de l'acier européen subira un surcoût à raison de son contenu en carbone, ce ne sera pas le cas pour les voitures fabriquées en Chine.

La définition des technologies retenues pour la mesure du contenu en carbone des produits importés est par ailleurs source de difficultés techniques. Les économies émergentes sont généralement des économies duales, où coexistent entreprises très modernes et entreprises très éloignées de la frontière technologique. Appliquer aux entreprises exportatrices de ces pays les caractéristiques des entreprises moyennes risque de les désavantager indûment. À l'inverse, se fonder sur des données réelles de contenu en carbone site par site ou entreprise par entreprise risque de conduire à spécialiser, par exemple, les aciéries performantes dans la fourniture des marchés d'exportation soumis à un mécanisme de type MACF, tandis que les moins performantes se spécialiseraient dans la fourniture des autres marchés. Ce *reshuffling,* dont le risque n'est pas à ce jour écarté par les dispositions communautaires, serait évidemment un pur artefact.

Face à ces difficultés, les organisations internationales (OCDE et FMI) ont exploré la possibilité de construire une métrique commune afin d'apprécier le niveau d'ambition des politiques climatiques nationales. Cette voie pourrait être prometteuse, en dépit de multiples difficultés techniques, si elle aboutissait à construire une base objective pour la délimitation de « clubs climat » à la Nordhaus (2015) et la fixation de la pénalité correspondante pour les pays qui ne participent pas à l'effort commun, qui prendrait la forme d'un tarif douanier. En l'état actuel des traités internationaux, cependant, la formation d'un tel club ne serait pas compatible avec les règles de l'OMC.

À court terme il n'y a donc pas d'alternative au MACF, même s'il demeure un instrument imparfait. Les simulations effectuées pour ce rapport avec les modèles ThreeME, Vulcain et Mirage donnent des ordres de grandeur de ses effets sur les fuites de carbone, sur l'économie de l'UE et sur les pays partenaires[1] :

- Globalement, sa mise en place progressive pour l'ensemble des secteurs du SEQE, en parallèle avec la suppression des quota gratuits, éliminerait de l'ordre de la moitié

[1] Voir le rapport thématique *Compétitvité*.

des fuites de carbone, ce qui est un résultat non négligeable (simulation Mirage)[1]. Ses effets seraient concentrés sur les grands exportateurs émergents de biens intermédiaires (Inde, Russie, à un moindre degré Chine)[2] ;

- Macroéconomiquement, la mise en place du MACF induirait un effet non linéaire (simulations Vulcain) : il réduirait peu le coût économique d'une baisse limitée des émissions territoriales mais accroîtrait le coût économique d'une baisse plus importante. La raison en est assez intuitive : pour des niveaux de contrainte faibles, le MACF permettrait de limiter légèrement les pertes de PIB, notamment en réduisant fortement les pertes de compétitivité dans le secteur industriel. À l'inverse, pour un prix du quota SEQE élevé, il contraindrait l'économie européenne à produire des biens décarbonés coûteux, là où l'absence de MACF aurait laissé la possibilité d'importer des biens équivalents plus émetteurs de carbone mais à moindre coût ;
- D'un point de vue de finances publiques, les recettes procurées par la vente de certificats MACF seraient limitées : de l'ordre de 10 milliards d'euros par an en 2030, pour l'ensemble de l'UE, avec un prix du carbone de 100 €/t dans l'hypothèse où toutes les importations de biens et services intermédiaires seraient concernées et où les certificats devraient couvrir l'ensemble des émissions directes et indirectes correspondantes (simulation ThreeME). Compte tenu du paramétrage retenu pour le MACF, il s'agit certainement d'un majorant.

Beaucoup d'obstacles restent à surmonter pour limiter l'ampleur des fuites de carbone et permettre à l'Europe de mettre en œuvre une politique climatique exigeante. Le MACF est loin d'être une panacée, mais il a une chance d'être reconnu comme un instrument légitime par nos partenaires commerciaux et par cela de contribuer à rééquilibrer le droit international entre protection de l'échange international et préservation du climat. En cela, il mérite d'être défendu.

En août 2022, l'adoption par les États-Unis de l'Inflation Reduction Act (IRA) a brutalement dissipé l'illusion selon laquelle l'Union européenne ne faisait face, en matière climatique, qu'à un problème d'inégalité des ambitions[3]. L'autre dimension de la question, longtemps ignorée et désormais sur le devant de la scène, est celle de l'hétérogénéité des stratégies. Comme on l'a dit au Chapitre 2, sa possibilité était inscrite dans l'Accord de Paris et elle est là pour perdurer.

[1] Plus précisément, il éliminerait de l'ordre de 60 % des fuites de carbone par rapport à une référence dans laquelle il n'y aurait pas d'allocations gratuites, et de l'ordre de 40 % par rapport à une référence avec allocations gratuites.

[2] Voir Bellora C. et Fontagné L. (2023), « EU in search of a carbon border adjustment mechanism », *Energy Economics*, à paraître.

[3] L'objectif climatique des États-Unis demeure néanmoins sensiblement moins ambitieux que celui de l'UE.

Le problème ne vient pas tant des clauses de contenu local de l'IRA. Celles-ci sont clairement contraires au droit commercial international et il revient aux partenaires des États-Unis de s'y opposer par les moyens que leur donnent les règles de l'OMC. Bien évidemment, la déliquescence du système multilatéral et le contexte actuel de prédominance du géopolitique sur l'économique ne rend pas l'entreprise aisée. Mais dans son principe au moins, la réponse est simple à identifier.

Un problème plus profond touche à l'hétérogénéité des choix des grands acteurs de la scène climatique. Il y a bien évidemment de multiples stratégies possibles pour atteindre l'objectif de neutralité climatique. Mais elles peuvent se ramener à différents dosages entre trois modèles « purs » :

- *La tarification du carbone et des autres gaz à effet de serre*. C'est elle qui a la faveur des économistes, parce qu'elle repose sur le signal-prix, procure des recettes qui peuvent être redistribuées et, pour autant qu'elle est crédible, garantit l'efficience des choix individuels des entreprises et des ménages. Elle est exigeante, parce qu'elle requiert un mécanisme de fixation du prix tutélaire qui garantisse l'atteinte de la neutralité climatique à la date voulue[1] ;
- *La planification, secteur par secteur, de l'évolution des émissions*. Cette stratégie suppose, pour que l'efficience soit assurée, que le décideur soit bien informé sur les coûts d'abattement et leur évolution à venir. Elle peut reposer sur des outils réglementaires mais aussi par exemple sur des mécanismes d'allocation du crédit, en particulier dans les pays en développement ;
- *L'incitation à la réduction des émissions par le canal de crédits d'impôt ou de subventions*. Contrairement aux deux précédentes, elle ne garantit pas l'atteinte de l'objectif à une date donnée, mais elle peut être ajustée au fil de l'eau en fonction des résultats. Elle permet aussi de différencier entre subventions à la recherche et subventions à la production. Elle est cependant singulièrement plus coûteuse que les deux autres pour les finances publiques (voir Tableau 6).

Le choix entre ces trois approches renvoie à des débats anciens sur les bons instruments de pilotage d'une réduction des pollutions. Il n'y a pas, en principe, de réponse univoque à cette question[2].

[1] La tarification du carbone ne résulte pas nécessairement d'une optimisation intertemporelle. Elle peut être dérivée de la fixation d'un objectif en quantité tel que celui fixé par l'Accord de Paris ou la mise en place d'un mécanisme de quota carbone. Voir sur ce point Stern, Stiglitz et Taylor (2022), « The economics of immense risk, urgent action and radical change: towards new approaches to the economics of climate change », *op. cit.*

[2] Voir Weitzman M. (1974), « Prices vs. Quantities », *The Review of Economic Studies* 41(4), p. 477-491.

Tableau 6 – Trois stratégies pour atteindre la neutralité climatique

	Tarification du carbone	Planification	Incitation
Avantages	Efficience économique Recettes fiscales	Cohérence avec l'objectif quantitatif	Absence de contrainte pour les agents économiques
Inconvénients	Faible acceptabilité politique Faible crédibilité	Coûts économiques potentiels Acceptabilité politique incertaine	Absence de lien direct avec l'objectif Coût budgétaire potentiellement élevé

Source : auteurs

En pratique, les stratégies mises en œuvre dans les principaux pays empruntent plus au moins à ces trois idéaux-types. Avec le SEQE, l'UE s'est dotée depuis 2005 d'un instrument-prix dont elle a récemment décidé d'étendre le champ d'application, dans un premier temps en appliquant le même type de mécanisme à d'autres secteurs, sans chercher à les unifier immédiatement. La tarification du carbone est donc au cœur de sa stratégie. Mais elle fait aussi appel à la réglementation (avec, par exemple, l'interdiction de mise sur le marché des véhicules thermiques à partir de 2035) et à la subvention (avec le soutien aux renouvelables, au verdissement de l'industrie et à l'achat de véhicules électriques).

Si, officiellement, la politique climatique chinoise promeut elle aussi un équilibre entre ces trois modèles, dans les faits, celle-ci repose principalement sur les deux dernières options de cette typologie[1]. Le développement de la production d'électricité renouvelable s'est ainsi largement appuyé sur une politique de rachat de l'électricité à des prix favorables et un accès privilégié aux financements des banques publiques d'investissement. De même, le développement des véhicules propres s'est largement opéré via des politiques de subvention à l'achat et de durcissement progressif des normes, souvent déclinées au niveau des provinces.

Du côté des politiques s'appuyant sur le signal-prix, le gouvernement chinois a lancé en 2017 un système d'échange de quota d'émission qui est officiellement entré en vigueur, après avoir plusieurs fois été reporté, en 2021. Si ce système couvre la production d'électricité, il peine pour l'instant à prouver sa capacité à réduire les émissions, en partie à cause d'une offre trop généreuse de quota et de l'absence d'un plafond strict sur les émissions[2].

[1] Voir V.3 et V.4 de *Action plan for carbon dioxide peaking before 2030*, National Development and Reform Commission (NDRC) People's Republic of China.

[2] Ce système devait en outre être étendu courant 2022 à d'autres secteurs industriels (ciment, acier, aluminium, etc.) mais cette extension a été reportée à 2023.

Les États-Unis ont, quant à eux, fait le choix d'une stratégie très orientée vers le troisième modèle. L'adoption de l'IRA marque un pas décisif dans cette direction avec la mise en place de crédits d'impôt échangeables pour stimuler la production d'énergie renouvelable par les entreprises et les ménages, la capture et la séquestration du carbone, les véhicules électriques ou à hydrogène et l'industrie verte. Une caractéristique importante de ces subventions est qu'elles ne proviennent pas d'enveloppes budgétaires fermées mais que leur volume total dépendra de la demande. Les évaluations préliminaires du *Congressional Budget Office* les chiffrent à 271 milliards de dollars d'ici 2030, mais des évaluations indépendantes comme celle de Bistline *et al.* (2023)[1] aboutissent à des ordres de grandeur considérablement plus élevés (780 milliards à 1 070 milliards de dollars). Le montant *ex post* dépendra du succès du dispositif. Il n'est pas limité *ex ante*.

Les prix moyens du carbone reflètent très nettement ces écarts de stratégie : ils sont plus élevés en Europe (Espace économique européen et Royaume-Uni) qu'aux États-Unis (où il n'y a pas de prix fédéral, mais des initiatives de tarification État par État) et ils sont voisins de zéro en Chine (voir Tableau 7).

Tableau 7 – Prix moyen du carbone en 2021 :
Espace économique européen, Royaume-Uni, États-Unis et Chine

	Part des émissions couvertes par un instrument de tarification	Prix explicite moyen des émissions couvertes	Revenu moyen par tonne de carbone pour les émissions couvertes	Prix effectif moyen
EEE	50 %	64,3 $	32,8 $	32,1 $
Royaume-Uni	43 %	55,5 $	45,2 $	23,9 $
États-Unis	7 %	21,2 $	13,0 $	1,5 $
Chine	36 %	7,1 $	0,0 $	2,5 $

Note : le prix explicite moyen des émissions couvertes (colonne 3) tient compte des allocations gratuites. Le prix effectif moyen (colonne 4) fournit une estimation du coût d'opportunité auquel sont confrontées les entreprises.

Source : calculs I4CE sur la base des Comptes mondiaux du carbone en 2022

3. L'Europe à la croisée des chemins

En 2019, l'Union européenne s'est fixé le but de construire d'ici 2050 une économie climatiquement neutre. Au cours des quatre dernières années, elle a méthodiquement mis en place les instruments législatifs et réglementaires de cette ambition. La question

[1] Bistline J., Mehrotra N. et Wolfram C. (2023), « Economic implications of the climate provisions of the Inflation Reduction Act », *Brookings Papers on Economic Activity*, printemps.

pour elle n'est plus aujourd'hui de concevoir et de définir une stratégie, elle est de la mettre en œuvre.

En quatre ans, le paysage international a changé. L'enjeu est désormais de favoriser le développement d'une offre industrielle verte d'origine européenne, dans un contexte où ses grands concurrents – États-Unis et Chine – ont fait le choix de soutenir leurs entreprises et ne se fixent guère de contraintes d'acceptabilité de leurs initiatives au regard des règles du jeu international ou quant à leur coût pour les finances publiques. Même si – et ce n'est évidemment pas assuré – les politiques de ces pays laissent librement jouer la concurrence entre acteurs nationaux et étrangers, les principaux bénéficiaires des subventions à la production et à l'investissement ont toute chance d'être les acteurs économiques nationaux (salariés, sous-traitants, laboratoires de recherche, etc.). En présence d'effets d'apprentissage, ceux-ci-ci peuvent en retirer un avantage durable.

Pour l'Europe, deux questions se posent avec acuité. La première est de savoir si les objectifs de l'Union européenne sont atteignables dans le cadre des contraintes qu'elle se fixe. Dans la course qu'elle a engagée pour construire avant les autres un nouveau modèle de croissance verte, c'est-à-dire pour définir les standards de demain et établir une position forte dans les industries du futur, l'Europe prend le risque d'additionner les handicaps. Elle cumule en effet retards industriels, coût de l'énergie élevé, exposition aux fuites de carbone et volonté de ne pas s'écarter de la discipline budgétaire. Si certaines contraintes, sur les prix de l'énergie notamment, lui sont imposées par le contexte international, certaines disciplines, en particulier en matière budgétaire, résultent de ses propres décisions.

La question est aujourd'hui de savoir si face à de grands rivaux qui ne subissent pas les mêmes contraintes et ne se fixent pas les mêmes disciplines, l'Europe ne s'enferme pas dans une équation trop risquée. L'Union européenne ne peut pas être à la fois championne du climat, championne du multilatéralisme et championne de la vertu budgétaire. Pour l'heure elle ne veut pas choisir avec laquelle de ces contraintes prendre des libertés, mais elle risque bientôt d'y être obligée.

Les discussions en cours sur la réforme du cadre budgétaire européen n'ouvrent pas un espace suffisant pour faire place à un financement significatif de l'investissement climat par l'endettement public. Sur insistance allemande, les dernières propositions législatives de la Commission sont en retrait des lignes directrices initiales, elles-mêmes assez timides[1]. Comme on l'a dit au Chapitre 10, l'endettement public n'est pas le premier

[1] Voir les propositions publiées le 26 avril 2023 par la DG Ecfin.

instrument de financement de la transition. Contraindre à l'excès la possibilité d'y avoir recours risque cependant de compliquer encore la tâche des décideurs publics.

La deuxième question est celle de la gouvernance de la politique climatique. Aujourd'hui l'Union fixe le cap et prescrit, mais elle laisse l'essentiel des coûts politiques et des coûts financiers correspondants à la charge des États. Par exemple, la législation européenne proscrit la mise sur le marché de voitures à moteur thermique à partir de 2035, mais la décarbonation du parc automobile existant reste largement entre les mains des gouvernements nationaux. Il en va de même pour le remplacement des vecteurs de chauffage.

Si les ambitions de l'UE en matière de climat sont claires, les résultats réels dépendront largement de l'action nationale. Or le système actuel de gouvernance repose essentiellement sur une coordination indicative, dépourvue de bâtons aussi bien que de carottes. La leçon des expériences passées (l'agenda de Lisbonne, les grandes orientations de politique économique ou la procédure relative aux déséquilibres macroéconomiques) est que la coordination indicative est au mieux modérément efficace. Que se passera-t-il si les pays n'atteignent pas les objectifs visés ? Malgré les plans nationaux énergie-climat (PNEC), l'Union n'a qu'une visibilité limitée sur ce que les pays font réellement pour atteindre les objectifs de décarbonation convenus. Que se passera-t-il si les États y renoncent ? L'Europe ne peut pas se permettre d'afficher une grande stratégie climatique tout en restant dans le flou quant à sa mise en œuvre effective. Il importe qu'elle définisse et mette en place une nouvelle gouvernance climatique à la mesure de son ambition.

ANNEXES

ANNEXE 1

LETTRE DE MISSION

La Première Ministre

Paris, le 12 SEP. 2022

à

Monsieur le Professeur Jean PISANI-FERRY

Objet : Evaluation des impacts macroéconomiques de la transition écologique

Monsieur le Professeur,

Le Président de la République a souhaité marquer dans l'organisation gouvernementale la priorité donnée à la planification écologique et à la prise en compte, dans l'ensemble des politiques publiques, des implications de la transition climatique. Il a ainsi clairement indiqué que la transition climatique n'est pas une politique sectorielle mais une orientation d'ensemble porteuse de fortes conséquences macroéconomiques et sociales.

Beaucoup d'études ont été menées ces dernières années qui ont permis d'améliorer la compréhension de l'impact sectoriel de la transition climatique. Les évaluations de son impact macroéconomique n'ont pas encore atteint le même degré de maturité, alors même que les objectifs que nous nous fixons sont très ambitieux, et vont conduire à un changement en profondeur de notre économie et de nos comportements collectifs.

Les évaluations macroéconomiques de la transition climatique aujourd'hui disponibles présentent souvent la transition comme une relance de l'investissement auto-entretenue sur plusieurs décennies et ne tiennent pas suffisamment compte de la diversité des mécanismes en jeu, avec des conséquences différentes selon les secteurs, au-delà du surcroît d'investissement nécessaire : frictions dans la réallocation du marché du travail, impact sur l'environnement extérieur et sur la compétitivité, rôle de l'innovation verte, augmentation du coût du capital lié à l'incertitude, obsolescence accélérée d'une partie du capital installé, risque d'inflation « verte », etc. La plupart des simulations correspondent en effet à des scénarios qui partent de l'hypothèse d'une transition qui se déroule dans les meilleures conditions possibles (coordination internationale des actions ; flexibilité sur le marché du travail ; technologies disponibles ; fiscalité optimale etc.). Si ces exercices de prospective montrent qu'une transition bien mise en œuvre peut apporter des « doubles dividendes », ils apportent peu d'enseignements sur comment procéder pour qu'elle se déroule effectivement dans un contexte favorable.

Dans ce contexte, je souhaite vous confier la mission d'améliorer notre compréhension de ces mécanismes, de sorte que les décisions qui devront être prises soient le mieux informées possible.

Dans un premier temps, vous réunirez les administrations et institutions qui travaillent sur des modélisations macroéconomiques prenant en compte les conséquences des politiques de lutte contre le réchauffement, afin de leur permettre de prendre connaissance de leurs travaux respectifs ; vous me remettrez une note d'étape sur les simulations et modélisations effectuées actuellement avec les modèles macroéconomiques existants, leurs caractéristiques et leurs limites. Vous proposerez au début de l'automne 2023 un plan d'action pour la suite de votre mission, avec le cas échéant des demandes de moyens (humains et/ou financiers) documentés.

Dans un second temps, début 2023, vous remettrez un rapport qui présentera les résultats des modélisations qui auront été effectuées, identifiera les points d'attention prioritaires en termes d'impact macroéconomique et indiquera ce qui doit encore faire l'objet d'investigations complémentaires. Ce rapport permettra de nourrir l'évaluation macroéconomique de la nouvelle stratégie française sur l'énergie et le climat qui sera publiée par le Gouvernement, et plus généralement les arbitrages nécessaires à sa finalisation.

Pour mener à bien cette mission, vous vous appuierez sur les équipes de France Stratégie, qui en assurera le secrétariat, ainsi que sur les administrations et opérateurs concernés qui vous apporteront leur concours (en particulier la direction générale de l'énergie et du climat, le commissariat général au développement durable, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, l' Institut national de la statistique et des études économiques, la direction générale du Trésor et l'inspection générale des finances).

Je vous invite à associer à vos réflexions les experts sur le sujet, ainsi qu'à porter une attention particulière aux travaux équivalents effectués chez nos principaux partenaires étrangers et dans les organisations internationales. Il sera utile également de consulter les partenaires sociaux, les organisations non gouvernementales, les associations de consommateurs et les entreprises des secteurs concernés, pour recueillir leurs attentes.

Vous tiendrez le secrétaire général à la planification écologique régulièrement informé de l'avancement de vos travaux.

Bien cordialement

Elisabeth BORNE

ANNEXE 2

LES RAPPORTS THÉMATIQUES

Le rapport *Les incidences économiques de l'action pour le climat* a été nourri par les travaux de onze groupes de travail coordonnés par la mission, regroupant de très nombreux organismes. Les rapports thématiques ainsi produits sont publiés en même temps que le rapport de synthèse et disponibles sur le site de France Stratégie.

Le rapport s'est également appuyé sur un groupe de travail « Simulations » qui a notamment nourri les Chapitres 6 et 8 du rapport.

- **Groupe de travail « Simulations »**

Selma Mahfouz, Inspection générale des finances, *coordinatrice*

Gaël Callonec, Ademe
Alma Monserand, Ademe
Benoît Campagne, Direction générale du Trésor
Anne Epaulard, université Paris-Dauphine-PSL et France Stratégie,
Frédéric Ghersi, Cired
Pierre-Louis Girard, Direction générale du Trésor
Julien Lefevre, Cired
Boris Le Hir, Commissariat général au développement durable
Nicolas Riedinger, France Stratégie
Xavier Timbeau, OFCE
Jérôme Trinh, Direction générale du Trésor

- **Rapport thématique *Bien-être***

Didier Blanchet, chaire Mesures de l'économie, PSE, *coordinateur*

Craig Pesme, chaire Mesures de l'économie, PSE
Aude Pommeret, université Savoie Mont Blanc et France Stratégie

- **Rapport thématique *Compétitivité***

Lionel Fontagné, Banque de France, *coordinateur*

Vincent Aussilloux, France Stratégie
Antoine Bouët, CEPII
Mathieu Fouquet, CGDD
Sébastien Jean, Cnam
Frédéric Ghersi, Cired
Alexandre Godzinski, CGDD
Christophe Gouel, INRAE et CEPII
François Langot, université du Mans et CEPREMAP
William L'Heudé, Direction générale du Trésor
Paul Malliet, OFCE
Erica Perego, CEPII
Aude Pommeret, université Savoie Mont Blanc et France Stratégie
Romain Schweizer, France Stratégie
Fabien Tripier, université Paris-Dauphine et CEPREMAP
Vincent Vicard, CEPII

- **Rapport thématique *Dommages et adaptation***

Xavier Timbeau, OFCE, *coordinateur*

Gaël Callonec, Ademe
Adrien Delahais, Cired
Vivian Dépoues, I4CE
Logan Gourmand, Direction générale du Trésor
Morgane Nicol, I4CE
Aude Pommeret, université Savoie Mont Blanc et France Stratégie
Félix Rannou, CGDD
Alice Robinet, France Stratégie
Mathilde Viennot, France Stratégie

- **Rapport thématique *Enjeux distributifs***

Vincent Marcus, Commissariat général au développement durable, *coordinateur*
Emmanuel Combet, Ademe/Cired
Frédéric Ghersi, Cired
Meriem Hamdi-Cherif, OFCE
Paul Malliet, OFCE

Matthieu Lequien, Insee
Boris Le Hir, CGDD
Caroline Pinton, CGDD
Mathilde Viennot, France Stratégie

- **Rapport thématique *Indicateurs et données***

Nicolas Carnot, Insee, et **Nicolas Riedinger**, France Stratégie, *coordinateurs*

Sylvain Larrieu, Insee

- **Rapport thématique *Inflation***

Stéphane Dees, Banque de France, *coordinateur*

Elie Bellevrat, RTE
Annabelle de Gaye, Banque de France
François Geerolf, OFCE
Matthieu Lequien, Insee
Romain Schweizer, France Stratégie
Athiana Tettaravou, PIIE
Oriane Wegner, Banque de France

- **Rapport thématique *Marché du capital***

Pierre-Louis Girard, Direction générale du Trésor, *coordinateur*

Riyad Abbas, Insee
Romain Schweizer, France Stratégie
Jérôme Trinh, Direction générale du Trésor

- **Rapport thématique *Marché du travail***

Carole Hentzgen et **Michaël Orand**, Dares, *coordinateurs*

Camille Cousin, Dares
Hélène Garner, France Stratégie
Raphaël Janelli, Dares
Cécile Jolly, France Stratégie
Jérôme Lê, Dares
Pierre Villedieu, Dares

- **Rapport thématique *Modélisation***

Jérôme Trinh, Direction générale du Trésor, *coordinateur*

Mathieu Fouquet, CGDD
Pierre-Louis Girard, Direction générale du Trésor
Miquel Oliu-Barton, université Paris-Dauphine-PSL et France Stratégie
Mathilde Viennot, France Stratégie

- **Rapport thématique *Productivité***

Anne Epaulard, université Paris-Dauphine-PSL et France Stratégie, *coordinatrice*

Aude Pommeret, université Savoie Mont-Blanc et France Stratégie
Katheline Schubert, PSE et Paris 1 Panthéon-Sorbonne

- **Rapport thématique *Sobriété***

Aude Pommeret, université Savoie Mont Blanc, France Stratégie, *coordinatrice*

Miquel Oliu-Barton, université Paris-Dauphine-PSL et France Stratégie
Alice Robinet, France Stratégie
Katheline Schubert, PSE
Mathilde Viennot, France Stratégie

Directeur de la publication
Gilles de Margerie, commissaire général
Directeur de la rédaction
Cédric Audenis, commissaire général adjoint
Secrétaire de rédaction
Olivier de Broca
Contact presse
Matthias Le Fur, directeur du service Édition/Communication/Événements
01 42 75 61 37, matthias.lefur@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ LES DERNIÈRES ACTUALITÉS
DE FRANCE STRATÉGIE SUR :

www.strategie.gouv.fr

@strategie_Gouv

france-strategie

francestrategie

@FranceStrategie_

StrategieGouv

Les opinions exprimées dans ce rapport engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

FRANCE STRATÉGIE
ÉVALUER. ANTICIPER. DÉBATTRE. PROPOSER.

Institution autonome placée auprès de la Première ministre, France Stratégie contribue à l'action publique par ses analyses et ses propositions. Elle anime le débat public et éclaire les choix collectifs sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Elle produit également des évaluations de politiques publiques à la demande du gouvernement. Les résultats de ses travaux s'adressent aux pouvoirs publics, à la société civile et aux citoyens.

FRANCE STRATÉGIE – 20, AVENUE DE SÉGUR – TSA 90725 – 75334 PARIS CEDEX 07 TÉL. 01 42 75 60 00