



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

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction générale
du Trésor

RAPPORT INTERMÉDIAIRE

Les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone

DÉCEMBRE 2023

FRANCE
NATION
VERTE >

Agir • Mobiliser • Accélérer

Sommaire

Les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone	1
Synthèse	5
1 Comprendre les enjeux économiques de la transition pour la réussir	10
Messages-clés	10
1.1 L'inaction face au changement climatique aurait des conséquences physiques, sanitaires et économiques considérables	13
1.2 Les engagements ambitieux de lutte contre le changement climatique impliquent un renforcement des politiques de transition vers la neutralité carbone.....	24
1.3 Une nécessaire transformation de tous les pans de l'économie : des implications à appréhender, des opportunités sous certaines conditions	31
2 Les principes d'une intervention publique efficace et équitable pour atteindre la neutralité carbone	47
Messages clés.....	47
2.1 La transition bas-carbone associe leviers technologiques et sobriété des usages.....	50
2.2 Donner un prix au carbone permet de décarboner à moindre coût	52
2.3 L'existence d'autres défaillances de marché faisant obstacle à la décarbonation justifie la mise en œuvre d'instruments complémentaires au prix du carbone.....	60
2.4 Appréhender l'action publique de décarbonation dans sa globalité et sur le temps long.....	68
2.5 Une grille d'analyse des politiques climatiques incluant les coûts d'abattement est utile au bon calibrage de l'action publique	69
2.6 Les politiques de décarbonation ont des effets distributifs importants, qu'il convient de maîtriser à l'aide de politiques d'accompagnement.....	73
3 Les enjeux de la transition bas-carbone pour les recettes de fiscalité énergétique et la couverture des externalités du secteur routier	77
Messages-clés	77
3.1 Le changement climatique et la transition bas-carbone auront des implications pour les finances publiques qui restent à approfondir.....	79
3.2 La transition bas-carbone érodera les recettes de fiscalité énergétique, en particulier celles du secteur routier	82

3.3 L'électrification des véhicules s'accompagnerait à politique inchangée d'une dégradation de la couverture des externalités du secteur routier	87
3.4 La tarification du secteur routier évolue à l'étranger pour concilier les objectifs de rendement, de tarification des externalités et d'électrification durant la transition.....	91
4 Les enjeux économiques des politiques de décarbonation du parc privé de logements	100
Messages-clés	100
4.1 Décarboner le parc privé de logements : les enseignements de la littérature économique et des comparaisons internationales.....	103
4.2 L'intervention publique pour décarboner le parc privé de logements et ses implications économiques	116

Synthèse

À la demande du ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, la direction générale du Trésor a entrepris une étude sur les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone, qui sera publiée en 2024, et dont le présent rapport constitue une étape intermédiaire. Inspirée par la *Net Zero Review* conduite par le Trésor britannique, cette étude analysera les grands enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone pour l'économie française, en croisant les dimensions macroéconomique et sectorielle, et en intégrant les enjeux pour les entreprises, le marché du travail, le commerce extérieur, les ménages et les finances publiques. Elle s'appuiera sur les travaux de planification écologique, la littérature économique et l'analyse des données disponibles, et recourra aux comparaisons internationales afin d'identifier les bonnes pratiques à l'étranger, mais aussi les écueils à éviter. Ce document a été élaboré sous la responsabilité de la direction générale du Trésor et ne reflète pas nécessairement la position du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique.

Le présent rapport intermédiaire est composé de quatre chapitres et inclut notamment de premiers éléments sur les conséquences de la transition sur les recettes de fiscalité énergétique ainsi qu'une analyse sectorielle de la rénovation énergétique des logements. Le premier chapitre synthétise les connaissances disponibles sur les coûts économiques du changement climatique et des transformations économiques que les engagements vers la neutralité carbone impliquent. Le deuxième chapitre présente les instruments de politiques publiques mobilisables pour réduire nos émissions et compare leurs mérites. Le troisième chapitre présente de premiers éléments d'analyse quant aux enjeux de la transition pour les finances publiques, et en particulier pour les recettes de fiscalité énergétique. Enfin, les défis sectoriels et la nécessité d'une combinaison d'instruments de politiques publiques sont illustrés avec l'exemple de la rénovation énergétique des logements dans le quatrième chapitre.

En l'absence de renforcement des efforts mondiaux de décarbonation, le réchauffement climatique pourrait atteindre +3°C dans le monde et +4°C en France d'ici la fin du siècle par rapport à l'ère préindustrielle selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), ce qui aurait de graves implications socioéconomiques.

- Le réchauffement mondial moyen des températures a atteint +1,15°C sur la période 2013-2022 et +1,9°C en France hexagonale par rapport à l'ère préindustrielle, entraînant d'ores et déjà des dommages substantiels.
- Chaque hausse supplémentaire de température implique des transformations biophysiques profondes, comme l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes ou l'érosion de la biodiversité. Un scénario sans renforcement des efforts de décarbonation impliquerait des dommages économiques considérables dans le monde et en France, avec le risque de points de bascule où des canaux de réchauffement supplémentaires méconnus pourraient entrer en jeu.
- Les dernières estimations des dommages d'un réchauffement mondial à +3°C s'élèvent à 8 points de PIB à horizon 2050 pour la France, selon le *Network of Central Banks and Supervisors* (NGFS), via les pertes de capital dues aux événements climatiques extrêmes et la perte de productivité liée aux fortes chaleurs. Il est possible que les dommages soient plus élevés que ces estimations. Le réchauffement aura aussi des effets négatifs sur la santé humaine et réduira les services rendus par les écosystèmes (par exemple la pollinisation ou la captation du carbone par les terres et les forêts).

L'atteinte des objectifs de réduction d'émissions adoptés par la France et l'Union Européenne implique une transition rapide et profonde de l'économie, qui présente des coûts durant la transition. La transition écologique présente également, sous certaines conditions, des opportunités économiques pour la France en raison de la plus faible intensité en émissions de son activité. En effet, la France se caractérise par un mix énergétique et une production moins carbonés que ses principaux partenaires économiques.

À long terme, la transition sera bénéfique à l'économie et au bien-être par rapport à un scénario de réchauffement non contenu.

- Dans le but de limiter le réchauffement mondial à +1,5°C, la France et l'Union européenne ont pris des engagements ambitieux de réduction de leurs émissions nettes de gaz à effet de serre : -55 % en 2030 relativement à 1990, une étape vers la neutralité carbone qui doit être atteinte en 2050. La transition vers la neutralité carbone s'inscrit dans une transition plus large visant à limiter l'empreinte de l'activité sur l'environnement.
- L'atteinte de ces objectifs nécessite une forte amplification des efforts de décarbonation, d'autant que les puits de carbone forestiers se sont fortement dégradés ces dernières années (-40 % entre 2016 et 2021), obligeant à davantage d'efforts par ailleurs.
- Atteindre la neutralité carbone implique une transformation profonde de l'économie, des modes de production et de consommation. La mission conduite par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz sur « les incidences économiques de l'action pour le climat » juge cette transformation possible économiquement, avec un coût pendant la période de transition. Les vecteurs énergétiques ainsi que les procédés industriels et agricoles devront basculer vers des alternatives bas-carbone initialement plus coûteuses, tandis que les emplois et les capitaux seront réalloués entre les secteurs et les entreprises vers les activités bas-carbone. Ce processus peut être compliqué par le coût d'acquisition des nouvelles compétences ou par un déclassement accéléré des installations à forte intensité carbone, qu'on appelle alors des « actifs échoués ».
- La décarbonation nécessitera notamment d'importants investissements privés et publics qui pourraient, selon un document de travail de la DG Trésor à paraître, s'élever à environ 110 Md€ par an en 2030 (en brut et en supplémentaire par rapport à 2021), et ne sont pas encore connus à l'horizon 2050. Ces investissements permettront des économies d'énergie. En parallèle, les investissements défavorables au climat pourraient se réduire : la montée en charge des véhicules électriques et des efforts de sobriété permettrait par exemple de réduire les investissements bruns dans les véhicules thermiques d'environ 37 Md€ par an en 2030. Ces montants sont dans l'ensemble cohérents avec ceux de la mission de Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz et couvrent davantage de secteurs.
- À court terme, la transition pourrait entraîner un ralentissement de la croissance économique, du fait de la hausse des coûts qu'elle représente. Cependant, la disponibilité d'énergie bas-carbone à des prix compétitifs et un environnement favorable à l'innovation verte favoriseraient le développement des activités bas-carbone.
- Les politiques d'atténuation du changement climatique induisent des bénéfices à moyen et long terme, en premier lieu au regard des effets délétères évités, mais aussi par les gains de productivité des technologies bas-carbone, l'allègement de la facture énergétique grâce aux moindres importations de combustibles fossiles, et par l'amélioration possible de plusieurs dimensions du bien-être, notamment la santé.

De façon transversale, la décarbonation de l'économie française devra être guidée par des politiques publiques combinant des mécanismes de marché cohérents et complémentaires à une planification de long terme.

- Pour décarboner l'économie française, la stratégie nationale bas-carbone s'appuie sur six leviers : la décarbonation des vecteurs énergétiques ; l'efficacité et la sobriété énergétique des usages ; l'efficacité « carbone » des procédés industriels et agricoles ; les changements de mode de consommation ; la séquestration de carbone *via* le puits de carbone naturel ou des procédés industriels.
- La littérature économique montre que donner un prix au carbone (*via* la fiscalité ou des systèmes de quotas d'émission échangeables) permet de déclencher les actions de décarbonation les plus coût-efficaces, et encourage l'innovation bas-carbone par les entreprises, cruciale pour la productivité future. Les émissions de gaz à effet de serre sont déjà tarifées en France par des taxes nationales et le système d'échange de quotas d'émissions européen, mais la tarification est inégale entre secteurs et son niveau insuffisant pour atteindre les objectifs 2030 et la neutralité carbone en 2050. En France, 71 % des émissions de gaz à effet de serre sont couvertes par une tarification effective (nette des subventions aux énergies fossiles), à un niveau moyen agrégé de 83 €/tCO₂éq. Dans le monde, 41 % des émissions sont couvertes, et la tarification effective nette moyenne est de 17 €/tCO₂éq. Des défaillances de marché, ainsi que le caractère spontanément régressif de la tarification carbone, invitent à la compléter par d'autres instruments de politiques publiques, notamment par des subventions ciblées et des réglementations proportionnées permettant de déclencher des gestes de décarbonation sans alourdir la facture énergétique des ménages. L'innovation favorable à la transition est un cas particulier justifiant un soutien public ciblé, tel qu'il existe notamment dans le programme France 2030.
- L'efficacité des politiques climatiques doit être pensée dans le contexte européen et mondial, et sous le double angle des émissions nationales et de l'empreinte carbone, qui comprend les émissions importées. L'ambition et les instruments des politiques climatiques européennes ont récemment été renforcés et les politiques commerciales doivent s'adapter en conséquence. En particulier, le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières, mis en place progressivement depuis octobre 2023, permet de lutter plus efficacement contre les fuites de carbone en réduisant les divergences de tarification du carbone entre les biens produits dans l'Union européenne et ceux importés, dans un cadre compatible avec les règles du commerce international.
- En complément des mécanismes de marché, une planification de long terme est nécessaire, notamment pour développer les infrastructures indispensables à une économie bas-carbone et pour maximiser la disponibilité et prioriser les usages de ressources essentielles pour la transition mais limitées, comme la biomasse, l'hydrogène et l'électricité bas-carbone, mais aussi la main d'œuvre et les compétences.
- Pour contenir le coût public et privé de la transition, il est crucial de sélectionner les leviers de décarbonation les plus efficaces, et de mettre en œuvre les instruments de politique publique permettant de les déclencher.
- Cela passe en premier lieu par l'analyse des coûts d'abattement (i.e. combien d'euros pour réduire les émissions d'une tonne équivalent CO₂), qui mériterait d'être approfondie, dans la continuité des travaux de la commission Cricqui hébergée par France Stratégie. Plus largement, ce rapport propose une grille d'analyse des politiques de décarbonation – dite ABCDE – qui intègre les coûts et le potentiel d'abattement (en inventaire ou en empreinte) (A), des facteurs clés comme les enjeux de bouclage – notamment énergétique – (B), la cohérence entre les instruments (C), l'effet déclencheur des

politiques publiques sur les investissements privés (D), et les effets indirects (E) - par exemple sur la santé ou la balance commerciale.

Les enjeux de la transition vers la neutralité carbone pour les finances publiques sont multiples et encore insuffisamment étudiés. En plus des coûts directs et indirects de la réduction des émissions, et de celui des dommages et des mesures d'adaptation pour les limiter, la transition bas-carbone implique, à fiscalité inchangée, une érosion des recettes fiscales sur les énergies fossiles, en premier lieu sur les carburants.

- Les politiques de décarbonation auront un effet direct sur le solde public qui dépendra de la combinaison d'instruments choisie – par exemple, des recettes de tarification carbone supplémentaires ou des dépenses supplémentaires pour des subventions. Elles auront aussi des effets indirects sur les comptes publics *via* leurs impacts macroéconomiques sur la productivité, les taux d'intérêt, ou encore l'inflation. Le coût des risques physiques – selon la manière dont il sera partagé avec les acteurs privés – et celui des politiques d'adaptation mises en œuvre pour les réduire pèseront également sur les finances publiques de façon directe ou indirecte. Ces enjeux doivent être davantage étudiés.
- De plus, la sortie progressive des énergies fossiles implique par construction, à fiscalité inchangée, une baisse des recettes d'accise sur ces énergies, sur laquelle ce rapport intermédiaire se concentre. À fiscalité inchangée, un scénario compatible avec nos objectifs climatiques éroderait les recettes d'accise sur les énergies de 13 Md€ à horizon 2030 et 30 Md€ à horizon 2050.
- Cette érosion des recettes concernera en premier lieu le secteur routier, du fait de l'électrification des véhicules : l'électricité est moins taxée que les carburants routiers fossiles et les véhicules électriques sont dotés d'une meilleure efficacité énergétique. Plus largement, la fiscalité routière a vocation à couvrir les coûts socio-économiques du secteur routier, à la fois en matière d'émissions de gaz à effet de serre, mais aussi de pollution locale de l'air, d'usure des infrastructures, des accidents de la route etc. Une tarification inchangée ne couvrirait plus que la moitié de ces coûts d'ici 2050 avec l'électrification, alors qu'elle en couvre presque la totalité aujourd'hui (en excluant la congestion et la pollution de l'air hors échappement).
- Les pays scandinaves, dont l'électrification du parc de véhicules automobiles a commencé plus tôt, font déjà face à ce phénomène d'érosion des recettes. Plusieurs pays européens réagissent en mobilisant davantage d'autres sources de recettes au sein du secteur routier (e.g. tarification au kilomètre, fiscalité à l'acquisition ou à la propriété, péages urbains) et en réduisant les subventions et dépenses fiscales aux véhicules électriques à mesure que leur coût d'achat se réduit.

Les défis de la décarbonation du parc privé de logement montrent l'importance d'une combinaison d'instruments fondée sur l'analyse des défaillances de marché et des effets distributifs des politiques publiques.

- La décarbonation du parc de logements privés joue un rôle important dans l'atteinte de la neutralité carbone en France et repose sur le recours conjoint à des énergies de chauffage bas-carbone et à la réduction de la consommation énergétique par une meilleure isolation. La rénovation thermique permet également de lutter contre la précarité énergétique et d'améliorer le confort et la santé des occupants.
- Les travaux d'isolation peuvent être efficaces pour améliorer la performance énergétique de logements très peu performants (passoires thermiques) mais présentent des coûts d'abattement plus élevés lorsqu'ils s'adressent à des logements déjà relativement

performants. De plus, les réductions de consommation d'énergie et d'émissions obtenues tendent à être moins élevées que suggéré par les résultats actuels des modèles thermiques et les coûts plus élevés, dans un contexte où la filière du bâtiment se caractérise par une productivité peu dynamique et des tensions de recrutement.

- Cela suggère de commencer par cibler en priorité les travaux d'isolation sur les passoires thermiques, de favoriser pour le reste du parc surtout une décarbonation des modes de chauffage (e.g. passage aux pompes à chaleur, réseaux de chaleur), tout en se donnant les moyens d'augmenter la production d'énergie bas-carbone, et d'adapter la tarification de l'électricité afin d'encourager une meilleure adéquation entre offre et demande d'électricité bas-carbone à tout instant de la journée.
- Un renforcement de la tarification des énergies carbonées serait l'instrument le plus efficace (minimisation des coûts totaux de la transition) pour décarboner le secteur du logement. Ses effets spontanément régressifs invitent à considérer des mesures d'accompagnement, par exemple sous la forme de subventions ciblées vers les plus modestes, comme le dispositif MaPrimeRénov' et le chèque énergie, ainsi que des solutions pour pallier les contraintes de financement (par exemple l'éco prêt à taux zéro, qui n'est toutefois pas ciblé).
- Du fait de l'existence de défaillances de marché liées notamment aux asymétries d'information entre propriétaires, locataires et artisans sur la performance énergétique des logements et la qualité des travaux de rénovation, des instruments informationnels, comme le diagnostic de performance énergétique (DPE), sont importants.
- Enfin, les instruments réglementaires (normes, obligations, interdictions) peuvent avoir un rôle à jouer à condition d'être proportionnés et bien conçus. L'exemple suédois montre que des normes d'émission strictes sur les nouveaux bâtiments – adoptées plus tardivement par la France – portent leurs fruits sur le long terme. Le calendrier annoncé d'interdiction de location de passoires thermiques incite les propriétaires bailleurs à réaliser les travaux nécessaires, d'autant que la décote des logements peu performants s'est accrue. En France, cette décote contribuerait déjà de façon importante à ce que les investissements dans la rénovation des maisons individuelles soient rentabilisés via l'augmentation de la valeur du bien à la revente, et ce avant prise en compte des aides publiques.

ENCADRÉ

La DG Trésor renforce ses capacités d'analyse sur les enjeux de la transition écologique

Le présent rapport s'inscrit dans une dynamique de renforcement des analyses économiques et des recommandations de politique publique sur les enjeux de la transition écologique par la direction générale du Trésor. Cette dernière a également créé en son sein depuis septembre 2023 une nouvelle sous-direction « Transition écologique ». La direction générale du Trésor renforce aussi son investissement dans les outils d'évaluation macroéconomique de la transition. En particulier, depuis l'été 2023, le modèle macroéconomique « Mésange » intègre un module permettant d'évaluer l'impact des réformes et chocs économiques sur les émissions de gaz à effet de serre et sur le bouquet énergétique.

1 Comprendre les enjeux économiques de la transition pour la réussir

Messages-clés

Les effets du changement climatique sont déjà observables et augmenteraient considérablement d'ici la fin du siècle en l'absence d'action climatique globale additionnelle.

- Le réchauffement mondial des températures a atteint +1,15°C sur la période 2013-2022 et +1,9°C en France hexagonale par rapport à l'ère préindustrielle. Il pourrait atteindre respectivement +3°C environ au niveau mondial et +4°C en France hexagonale d'ici la fin du siècle sans renforcement des politiques d'atténuation. Le respect de l'ensemble des engagements des pays et des objectifs de neutralité carbone annoncés permettrait de rester en-dessous des +2°C au niveau mondial fixé par l'Accord de Paris.
- Les effets physiques du changement climatique sont déjà observables et s'intensifient à chaque augmentation incrémentale de température. Ils se traduisent notamment par des dommages substantiels aux écosystèmes et à la biodiversité et par un accroissement de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes (vagues de chaleur, sécheresses, pluies extrêmes, tempêtes, etc.).
- Le changement climatique affecte la sphère socio-économique, en particulier via les dégâts des événements extrêmes, les effets sur la santé, ou la perte de services rendus par les écosystèmes et la biodiversité. Les effets sur la santé et l'économie sont multiples, le changement climatique pouvant entraîner à la fois des décès, des pertes de productivité, et des destructions de capital physique et naturel. Estimer l'ampleur des dommages attendus est un exercice particulièrement complexe qui dépend de la méthodologie et du scénario de réchauffement choisi. Le dernier rapport de synthèse du GIEC retient qu'un réchauffement de +4°C au niveau mondial en 2100 entraînerait un déclin du PIB mondial compris entre 10 % et 23 %. Les impacts sur l'économie française sont encore insuffisamment connus, mais les dommages d'un réchauffement de +3°C pourraient réduire le PIB français d'au moins 8 % d'ici 2050, selon les dernières estimations du *Network for Greening the Financial System*.

La France s'est engagée à atteindre la neutralité carbone à horizon 2050, ce qui nécessite une accélération des efforts.

- La France est partie à deux engagements internationaux majeurs sur l'atténuation du changement climatique : l'accord de Paris, qui implique de contenir l'augmentation de température si possible à +1,5°C et nettement sous +2°C, et la loi européenne sur le climat, qui décline cet accord en deux objectifs, une réduction des émissions annuelles européennes nettes de gaz à effet de serre - GES - de 55 % en 2030 par rapport à 1990 et l'atteinte de la neutralité carbone en 2050. L'accord de Paris et la loi européenne sur le climat sont complétés par de multiples engagements sectoriels internationaux. La planification écologique française, annoncée par le Président de la République et la Première ministre, traduit ces engagements de la loi européenne sur le climat en un nouvel objectif national visant une réduction des émissions nettes d'environ -55 % en 2030 par rapport à 1990.

- Les émissions de GES françaises ont diminué de 9,1 Mt CO₂éq par an en moyenne entre 2019 et 2022. L'atteinte de la neutralité carbone nécessite d'accélérer ce rythme et est rendue plus difficile par la dégradation des puits de carbone naturels (-40 % entre 2016 et 2021).

La transition vers la neutralité carbone nécessite une transformation profonde de l'économie. Cette transformation est économiquement possible, quoiqu'elle pourrait induire un ralentissement de la croissance durant la transition. La transition écologique pourrait également, sous certaines conditions, présenter des opportunités économiques pour la France en raison de sa « compétitivité carbone ». À moyen et long terme, sous réserve d'incertitudes plus fortes, une transition réussie pourrait permettre la reprise d'un sentier de croissance similaire à celui qui aurait prévalu en l'absence de réchauffement. La transition peut par ailleurs s'accompagner de co-bénéfices en termes de bien-être.

- La France se caractérise par une faible intensité carbone en comparaison internationale, en baisse depuis les années 1990. Le respect des engagements nationaux de réduction des émissions de GES implique l'accélération de nos efforts de découplage entre les émissions de GES et l'activité économique.
- La croissance risque toutefois de ralentir pendant la phase de transition, notamment du fait du remplacement progressif de sources d'énergie carbonées par des sources d'énergie initialement plus coûteuses, et du financement des investissements de décarbonation, qui pourrait se faire au détriment de la consommation ou d'autres investissements. Par ailleurs, les nécessaires comportements de sobriété se traduiront par une moindre consommation.
- À long terme, les politiques d'atténuation induisent des bénéfices, en premier lieu au regard des effets délétères du changement climatique évités, mais aussi par les gains de productivité des technologies bas-carbone qui auront été développées, qui pourraient permettre la reprise d'un sentier de croissance similaire à celui qui prévalait avant la transition, sous réserve d'incertitudes importantes vu l'horizon lointain. Cependant, ces bénéfices seront conditionnés par les coûts d'ajustement dans l'appareil productif, par la bonne orientation des capacités de financement, mais aussi par le niveau de coopération internationale : limiter le changement climatique nécessitera une mobilisation de tous les pays.
- La transition vers la neutralité carbone nécessite un pilotage par les politiques publiques. Ces dernières devront stimuler les importants investissements supplémentaires nécessaires à la transition, privés et publics, mais essentiellement privés, qui s'élèveraient, selon un document de travail de la DG Trésor à paraître, à environ +110 Md€ par an en 2030 (soit +63 Md€ par an en net de la baisse d'investissements carbonés) et dont les montants à horizon 2050 sont encore incertains. Ces montants sont dans l'ensemble cohérents avec ceux de la mission de Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz.
- La disponibilité d'énergie bas-carbone à des prix compétitifs et un environnement favorable à l'innovation verte favoriseraient le développement des activités bas-carbone.
- La transition écologique permettrait une réduction de la facture énergétique, pesant sur la balance commerciale, et de la dépendance aux combustibles fossiles. Cependant, l'évolution des dépendances économiques demeure incertaine, notamment au regard de l'importation de matériaux critiques pour la mise en œuvre de la transition.
- Si elle est bien conduite, la transition écologique pourrait également améliorer plusieurs dimensions du bien-être, notamment en santé (par exemple la qualité de l'air).

Les différentes politiques de décarbonation, de transition énergétique et d'adaptation au changement climatique doivent être évaluées selon de multiples critères : économiques, sociaux et environnementaux.

- Au-delà du respect des engagements climatiques, la transition vers la neutralité carbone s'inscrit au sein d'un ensemble d'objectifs de politiques économiques en particulier et de politiques publiques en général : stabilité macroéconomique et financière ; soutenabilité des finances publiques ; niveau de vie des ménages ; développement des entreprises ; plein emploi ; préservation de l'environnement et de la biodiversité... Ce rapport intermédiaire (2023) et sa version complète (2024) analyseront la contribution des différentes politiques de décarbonation et de transition énergétique à ces différents objectifs et les éventuelles tensions entre objectifs selon les instruments retenus, sous l'angle économique.
- Une stratégie d'adaptation est nécessaire pour pallier les conséquences croissantes du changement climatique sur les activités socio-économiques et sur la nature, y compris dans un contexte de transition réussie. En France, cette stratégie est présentée dans les plans nationaux d'adaptation au changement climatique (PNACC), dont la troisième version est en cours de préparation pour 2024.

1.1 L'inaction face au changement climatique aurait des conséquences physiques, sanitaires et économiques considérables

1.1.1 Les impacts physiques du changement climatique sont déjà observés et deviendraient extrêmes si la transition est insuffisamment ambitieuse

Le changement climatique s'observe déjà : la hausse de la température moyenne à la surface des terres et des océans a atteint +1,15°C¹ sur la dernière décennie (2013-2022), par rapport à l'ère préindustrielle, dont 1,07°C attribuable aux émissions de gaz à effet de serre anthropiques. L'augmentation de température est significativement plus élevée sur les terres émergées (+1,59°C entre 2011 et 2020) qu'à la surface des océans (+0,88°C sur la même période).

Le réchauffement climatique pourrait atteindre +3°C² d'ici 2100 en l'absence d'action climatique additionnelle³. Cette estimation, synthétisée par le GIEC dans le cadre de leur 6^{ème} rapport de synthèse en 2023, est entourée d'une forte incertitude quant à son ampleur (cf. Graphique 1). Le respect de l'ensemble des engagements des pays et des objectifs de neutralité carbone annoncés permettrait de rester en-dessous des +2°C au niveau mondial fixé par l'Accord de Paris.⁴ Le réchauffement dépendra de la trajectoire mondiale des émissions de gaz à effet de serre. La réponse du système climatique est également incertaine, en particulier pour les fortes augmentations de température où des canaux de réchauffement supplémentaires méconnus pourraient entrer en jeu (*tipping points* ou points de bascule). Les scénarios où le réchauffement est limité à 1,5°C ou 2°C nécessitent d'atteindre un pic des émissions de gaz à effet de serre (GES) mondiales avant 2025, suivi d'une réduction d'ampleur des émissions permettant d'atteindre la neutralité carbone vers le milieu du siècle (cf. Graphique 2). La trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC), proposée en mai 2023 pour calibrer les mesures d'anticipation des conséquences du réchauffement en France, repose sur un réchauffement de +3°C⁵ à l'échelle mondiale.

Plus qu'une simple augmentation de la température, le changement climatique implique dans le monde des transformations biophysiques profondes, intensifiées par chaque augmentation incrémentale de la température :

- Le changement climatique a causé des dommages substantiels, dont une part croissante est irréversible, aux écosystèmes et à la biodiversité. La fonte des glaciers et le dégel du pergélisol arctique, l'acidification des océans, la magnitude des chaleurs extrêmes, la désertification ou destruction de certains écosystèmes (zones côtières notamment) ont entraîné des destructions d'habitats pour de nombreuses espèces, et des migrations d'espèces vers les pôles, se révélant parfois invasives et déséquilibrant la biodiversité locale⁶.
- Le niveau de la mer a augmenté de 20 cm par rapport au niveau préindustriel⁷ et ce phénomène s'accélère : le niveau marin s'est élevé de +1,3 mm/an entre 1901 et 1971, puis de +1,9 mm/an entre 1971 et 2006 et +3,7 mm/an entre 2006 et 2018, sous l'effet conjugué

¹ Forster P.M. et al. (2023) "[Indicators of Global Climate Change 2022 : Annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and the human influence](#)". Les augmentations de températures sont calculées relativement à la période préindustrielle (1850-1900).

² GIEC (2023) « Climate Change 2023: AR6 Synthesis Report » et Forster et al. (2023), *op. cit.*

³ Ce scénario suppose que seules les mesures implémentées par les pays avant la COP26 seraient perpétuées, sans renforcement des politiques d'atténuation.

⁴ United Nations Environment Programme (2023) « [Emissions Gap Report 2023](#) ».

⁵ Ministère de la Transition écologique (2023), « La trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) ».

⁶ GIEC (2023) « Climate Change 2023: AR6 Synthesis Report ».

⁷ GIEC (2023), *Ibid.*

de la dilatation des océans et de la fonte des glaces. Dans le cas d'un scénario de réchauffement à +3°C d'ici la fin du siècle, le niveau moyen de la mer pourrait en 2100 s'élever 44 à 76 cm au-dessus de son niveau de la période préindustrielle.

- Les événements climatiques extrêmes sont de plus en plus fréquents et intenses. Selon la littérature scientifique dédiée, les épisodes de sécheresse sont aujourd'hui deux fois plus fréquents qu'en période préindustrielle et seraient quatre fois plus fréquents dans le cas d'un réchauffement des températures de +4°C, tandis que les extrêmes pluvieux, à l'origine de crues et d'inondations, ont une probabilité d'occurrence 30 % plus élevée et seraient trois fois plus fréquents dans le cas d'un réchauffement à +4°C⁸. Les vagues de chaleur se multiplient : les températures extrêmes correspondant à des événements semi-séculaires durant la période préindustrielle ont dorénavant 5 fois plus de chances de se produire, un risque à nouveau multiplié par 8 pour un réchauffement à 4°C. Les épisodes de sécheresse comme les vagues de chaleur sont propices au déclenchement et à l'intensification des feux de forêts et accroissent les tensions quantitatives sur l'eau.

En France hexagonale, le réchauffement de la température moyenne a atteint +1,9°C sur la dernière décennie⁹ et est plus élevé que le réchauffement moyen observé sur les terres émergées. Ce réchauffement pourrait atteindre +4°C d'ici 2100 en l'absence d'action climatique supplémentaire, avec d'importantes conséquences physiques. Ce scénario (+3°C dans le monde, +4°C en France hexagonale) a été proposé comme trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC)¹⁰. L'incertitude qui entoure ces estimations est encore plus importante que pour le réchauffement global, dont la déclinaison géographique est particulièrement complexe. Cependant, les scientifiques anticipent que les conséquences physiques du réchauffement pour la France seraient géographiquement hétérogènes : la moitié Nord du territoire hexagonal connaîtrait des pluies extrêmes plus fréquentes et intenses, tandis que la moitié Sud, en particulier le pourtour méditerranéen, serait particulièrement vulnérable aux vagues de chaleur et aux nuits tropicales. Dans les régions d'Outre-mer, le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes augmenterait, et les précipitations diminueraient par exemple à La Réunion et Mayotte. En France hexagonale, chaque été aurait environ 3 chances sur 4 d'être plus chaud que l'été 2022, dont les vagues de chaleur ont été inhabituellement fortes et fréquentes (33 jours en vigilance canicule orange ou rouge)¹¹. Seulement 20 % des habitats naturels sont aujourd'hui en bon état, avec pour conséquence l'effondrement de la biodiversité : 17 % des espèces de faune et de flore sont aujourd'hui éteintes ou menacées en France¹².

⁸ GIEC (2023), *Ibid.*

⁹ Météo-France : comparaison entre les périodes 2013-2022 et 1850-1900.

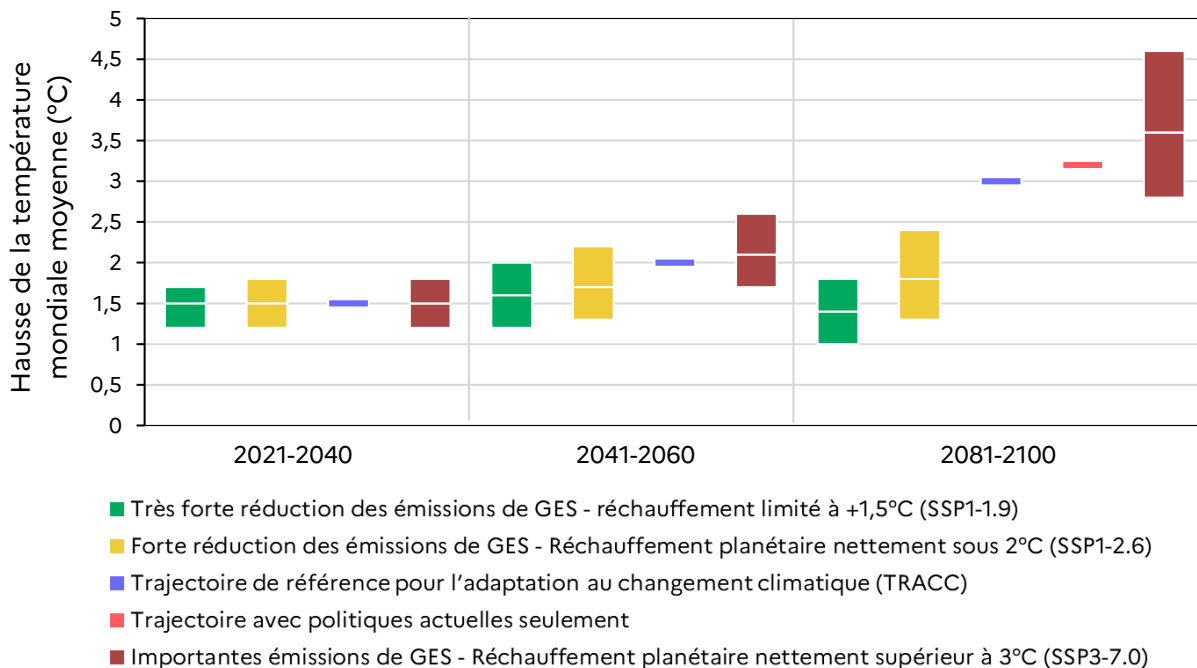
¹⁰ Ministère de la Transition écologique (2023), « La trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) »

¹¹ HCC (2023) « Rapport annuel 2023 – Acter l'urgence, engager les moyens ».

¹² Secrétariat général à la planification écologique (2023), « [Mieux préserver et valoriser nos écosystèmes](#) ».

GRAPHIQUE 1

Projection de changements de température mondiale dus aux activités humaines selon différents scénarios d'émissions



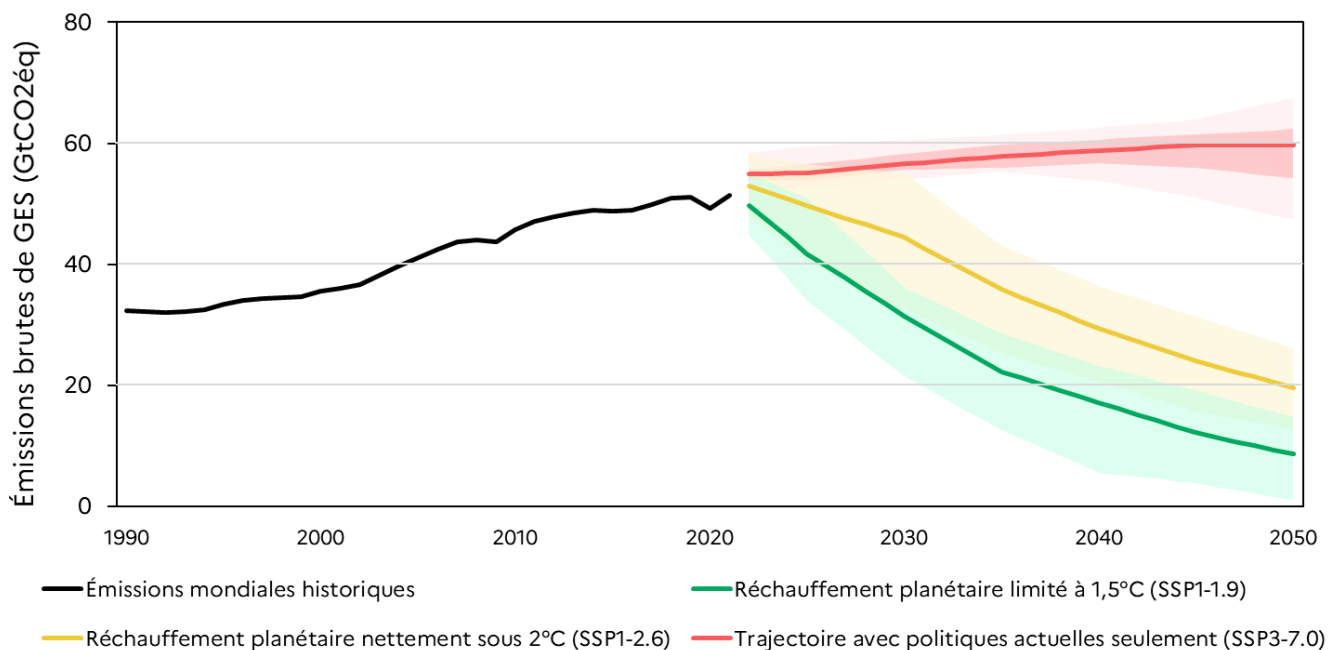
Sources : GIEC (2021), TRACC (2023).

Note : les valeurs indiquées sont des moyennes sur 20 ans, relatives à la période 1850-1900.

La valeur centrale représente la médiane et les incertitudes représentent un intervalle de confiance de 90 %.

GRAPHIQUE 2

Émissions mondiales de gaz à effet de serre selon différents scénarios de réchauffement



Source : FMI pour les données historiques, GIEC pour les projections.

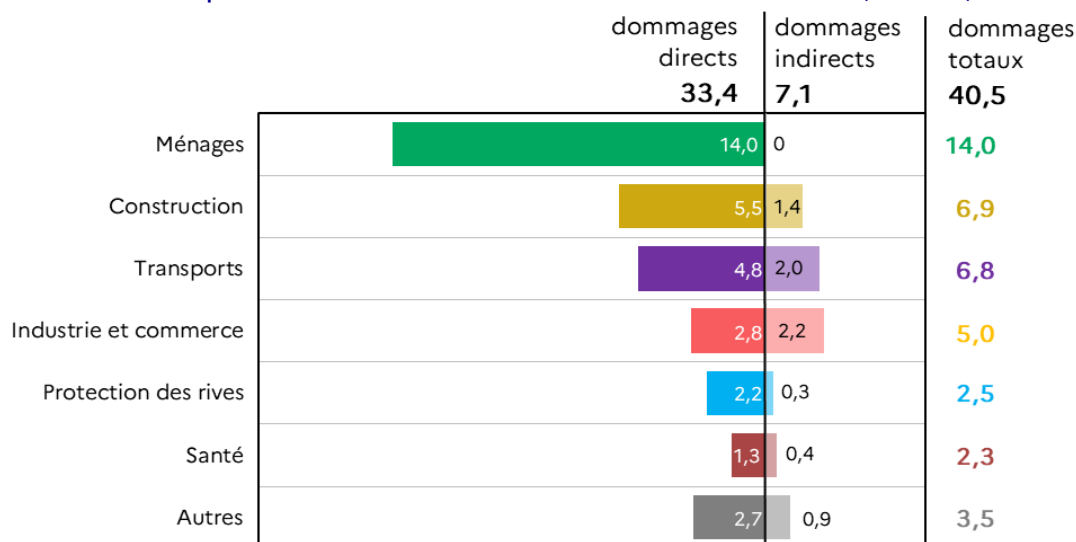
Note : les émissions présentées correspondent au périmètre de Kyoto. Pour chaque trajectoire, la valeur centrale représente la médiane et les incertitudes représentent 90 % des scénarios disponibles.

1.1.2 Les conséquences économiques et sociales du changement climatique seront importantes mais restent difficiles à estimer

De nombreux travaux visent à estimer comment les impacts physiques du changement climatique affectent l'économie, en particulier via les dégâts des événements extrêmes, les effets sur la santé, ou la perte de services écosystémiques. Les effets socio-économiques sont multiples, le changement climatique pouvant entraîner à la fois des décès, des pertes de productivité, et des destructions de capital physique et naturel. Ces travaux permettent d'appréhender le coût économique du changement climatique futur et la vulnérabilité de l'économie aux risques physiques, et ainsi d'identifier des actions d'adaptation permettant de réduire ces impacts.

Les épisodes extrêmes récents, rendus plus intenses et fréquents par le changement climatique, ont déjà des conséquences humaines et économiques coûteuses pour de très nombreuses économies, y compris en Europe. En France, les sinistres climatiques se sont accélérés sur les dernières années. À lui seul, le coût de la sinistralité de la sécheresse 2022 est estimé à 2,9 Md€ - le plus important jamais connu par le régime Cat-Nat depuis 40 ans¹³. En Allemagne, une étude¹⁴ commandée par le ministère fédéral de l'Économie et du Climat estime que les inondations de la vallée de l'Ahr et de l'Erft en 2021 ont causé au moins 41 Md€ de dommages : 33 Md€ de dommages directs, liés à la destruction de capital économique, ainsi qu'à la perte d'heures travaillées, auxquels s'ajoutent 7 Md€ de dommages indirects liés aux défaillances des infrastructures à long terme et à la déstabilisation des chaînes de valeur en aval (cf. Graphique 3). Aux États-Unis, la multiplication et la sévérité des incendies ont causé 82 milliards de dollars de dommages entre 2017 et 2021, soit près de dix fois plus qu'entre 2012 et 2016¹⁵. En septembre 2023, le passage d'une tempête en Libye, accompagnée de pluies extrêmes et d'inondations, a causé la mort de milliers de personnes, le déplacement de 30 000 autres, ainsi que la destruction de barrages et de quartiers entiers de la ville de Derna.

GRAPHIQUE 3
Les inondations de juillet 2021 en Allemagne :
répartition des coûts monétaires directs et indirects (en Md€)



Source : Trenczek et al. (2022), « Dommages causés par les crues soudaines et les inondations en juillet 2021 en Allemagne », Projet « Coûts du changement climatique » du BMWK

¹³ CCR (2023) « Les catastrophes naturelles en France | Bilan 1982-2022 »

¹⁴ BMWK (2023) « Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland ».

¹⁵ NOAA national centers for Environmental Information (NCEI) (2023) "U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters".

Le changement climatique a également des impacts importants sur la santé humaine. 3,3 à 3,6 milliards de personnes vivent aujourd’hui dans des contextes très vulnérables au changement climatique¹⁶, ce qui pourrait causer environ 250 000 décès par an supplémentaires entre 2030 et 2050, selon l’Organisation mondiale de la santé (OMS). Ils seraient la conséquence de la multiplication des aléas climatiques extrêmes, mais aussi de la pénurie d’eau potable, dont la moitié de la population mondiale souffre aujourd’hui au moins une fois par an. Ces effets négatifs affectent particulièrement l’Afrique, l’Asie, l’Amérique centrale et du Sud et les petits États insulaires des Caraïbes et du Pacifique, alors même que leurs plus faibles ressources financières obèrent leur capacité d’adaptation¹⁷. La dégradation des systèmes naturels favoriserait par ailleurs le développement de certaines maladies, comme la dengue en France, mais également les piliers de la sécurité alimentaire (effet adverse sur la productivité de l’agriculture et de la pêche, ruptures d’approvisionnement liées aux événements climatiques extrêmes).

Si l’ensemble des secteurs de l’économie devraient être touchés par les effets du changement climatique à travers le monde, cinq secteurs y seraient particulièrement vulnérables : le secteur agricole, le secteur de l’énergie, le secteur des infrastructures, le secteur financier et celui du tourisme. Les impacts dépendront des actions d’adaptation qui auront été mises en œuvre. D’après une revue de littérature de la DG Trésor¹⁸, l’agriculture est le secteur le plus directement vulnérable au changement climatique au niveau mondial¹⁹ : le secteur devrait connaître de fortes variations du volume et de la qualité de sa production, y compris les activités de pêche et d’élevage. Ces effets seraient concentrés dans les pays proches de l’équateur, qui représentent aujourd’hui près de 53 % de la production agricole mondiale²⁰. Dans le secteur de l’énergie, le changement climatique restreindrait la production d’énergie électrique par les centrales hydrauliques, thermiques et nucléaires, pénalisées par l’abaissement du niveau et l’élévation de la température des cours d’eau. En outre, le réseau de distribution de l’énergie subirait également des dommages. D’abord, les fortes températures pourraient endommager et réduire la conductivité des câbles électriques actuels²¹. Ensuite la multiplication des catastrophes naturelles augmenterait le risque d’endommagement des réseaux électriques et de pipelines. Le secteur des infrastructures (construction, bâtiment, logement et transport) risque de subir de nombreux dommages ou destructions ainsi qu’une augmentation des coûts d’entretien à cause des différents impacts physiques du changement climatique. Dans les secteurs bancaire et assurantiel, l’augmentation de la sinistralité des biens assurés aurait pour conséquence une augmentation des cotisations d’assurance et pourrait aboutir à la non-assurabilité de certains risques, tandis que les placements financiers touchés par un événement climatique extrême verraient leur valeur se déprécier. Enfin, si le changement climatique ne réduirait pas nécessairement la demande touristique, il causerait en revanche une redistribution géographique et temporelle des flux touristiques ainsi qu’un ajustement de l’offre touristique, notamment dans les régions auparavant enneigées²².

¹⁶ GIEC (2023) « Climate Change 2023: AR6 Synthesis Report ».

¹⁷ Gaillat E., Guet V. (2023) « Les économies émergentes face au dérèglement climatique », Trésor-Éco n°328, Direction Générale du Trésor.

¹⁸ Lancesseur N., Labrousse C., Valdenaire M., Nakaa M., « Impact économique du changement climatique : revue des méthodologies d’estimation, résultats et limites », Document de Travail n°2020/4, Direction Générale du Trésor.

¹⁹ European Environment Agency (2019), "Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe", EEA report n°4.

²⁰ Données de la Banque Mondiale (<https://data.worldbank.org/topic/agriculture-and-rural-development>).

²¹ DOE (2013) « U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather », US Department of Energy.

²² GIEC (2014), « Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ».

Le changement climatique pourrait dégrader la qualité des services écosystémiques, et accentuerait l'effondrement de la biodiversité. Les services écosystémiques désignent l'ensemble des avantages socio-économiques retirés par l'homme des écosystèmes, tels que la pollinisation, la régulation des ravageurs ou encore la captation du carbone par les forêts et terres²³. Le coût socio-économique induit par la disparition de ces services rendus par les écosystèmes ne peut être qu'en partie mesuré et se heurte à de fortes difficultés méthodologiques, liées à la nature même de ces services comme au caractère multidimensionnel et aux aspects encore mal connus de la biodiversité. Notamment, le coût estimé se limite souvent à quelques services écosystémiques et une prise en compte partielle de leurs synergies, pour un hectare. Une agrégation de ces effets locaux aboutit à une valorisation des services écosystémiques égale à 1,6 fois le PIB mondial environ, avec une réduction potentielle de cette valorisation de 30 % d'ici 2050, en cas d'inaction climatique²⁴. Par ailleurs, certains secteurs d'activité économique sont vulnérables à la dégradation des écosystèmes, comme l'agriculture et la foresterie (rendement des sols, espèces invasives), la pêche (disparition des espèces), le tourisme (dégradation des paysages), l'industrie et la construction (via les matériaux et substances naturelles fournis par les écosystèmes). Par exemple, la dégradation des terres a entraîné une réduction de la productivité agricole sur 23 % de la surface terrestre depuis 1970²⁵. Selon une méta-analyse de la DG Trésor, 44 % de la valeur ajoutée brute française dépend fortement du capital naturel²⁶.

Si les canaux de transmission du changement climatique à la sphère économique ont fait l'objet d'une littérature abondante, leur diversité et leur interdépendance rendent très difficile l'estimation agrégée des impacts associés. Les risques associés au changement climatique peuvent ainsi directement réduire le stock de capital productif, son taux d'utilisation²⁷ et sa productivité (événements climatiques extrêmes, pertes de production agricole et électrique, comme décrit précédemment). Ces risques de destruction et l'incertitude quant à la matérialisation des événements climatiques pourront conduire les entreprises à réduire leurs investissements, ce qui pèsera sur la production. Cet effet pourra toutefois être partiellement compensé si les nouveaux outils de production adoptés sont plus performants que les anciens. La matérialisation des effets du changement climatique et leur anticipation inciteront les entreprises à investir dans l'adaptation, afin de limiter leur risque d'exposition aux chocs climatiques, mais ces investissements peuvent également avoir un effet d'éviction sur les investissements en recherche et développement (R&D) et en adoption de nouvelles technologies, réduisant la croissance potentielle. Ensuite, l'augmentation des températures et des niveaux d'humidité, ainsi que les événements climatiques extrêmes, risquent de détériorer le capital humain, conduisant à une perte de productivité du travail (cf. Tableau 1). L'impact économique dépendra également des politiques budgétaires et monétaires, ainsi que des réactions du système financier et du bouclage international (cf. *infra* pour ce dernier point), dont les effets sont incertains. Si certaines études adoptent une approche énumérative, reposant sur la somme des pertes économiques associées aux différents impacts, d'autres mobilisent des modèles macroéconomiques bouclés. L'encadré 1 décrit plus en détail ces méthodes et leurs limites, tandis que la fin de cette section présente les estimations agrégées les plus récentes disponibles dans la littérature scientifique.

²³ Le programme Efese (Évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques), piloté par le Commissariat général au développement durable, propose [différents rapports thématiques](#) pour présenter les services rendus par les écosystèmes français.

²⁴ Bouchet V., Bourcet C., Cécillon É., Lavaud S. (2021) « Évaluations économiques des services rendus à la biodiversité », Trésor-Éco n°294, Direction Générale du Trésor.

²⁵ IPBES (2019) "Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services"

²⁶ Bouchet V., Bourcet C., Cécillon É., Lavaud S. (2021), *Ibid.*

²⁷ Un aléa climatique peut par exemple perturber les chaînes d'approvisionnement logistiques, créer des goulets d'étranglement et mettre des usines à l'arrêt par manque de composants intermédiaires.

TABLEAU 1

L'effet du changement climatique sur les composantes de la production potentielle

	Capital économique	Disponibilité de la main-d'œuvre	Productivité globale des facteurs
Effets de long terme du changement climatique	<p>Perte de terres agricoles, dues aux hautes températures, au stress hydrique et à la salinisation des sols liée à la montée du niveau de la mer.</p> <p>Perturbation de l'activité économique dans les zones côtières, en raison de la montée du niveau de la mer.</p> <p>Perte de biodiversité et de services écosystémiques.</p> <p>Modification des flux touristiques.</p>	<p>Augmentation des taux de mortalité et de maladie.</p> <p>Migrations induites par les évolutions climatiques.</p> <p>Augmentation du chômage structurel dans certaines régions, en raison de la baisse d'activité touristique par exemple.</p>	<p>Productivité du travail réduite par les hautes températures, incluant une baisse du temps de travail.</p> <p>Le capital investi pour l'adaptation est globalement moins productif et détourne des ressources de l'innovation.</p>
Caractère extrême des températures et des événements climatiques	<p>Destruction de capital économique durant les désastres climatiques.</p> <p>Opportunité de remplacer l'ancien capital détruit par du nouveau capital, plus avancé technologiquement.</p> <p>L'accroissement de l'incertitude et de la volatilité économiques réduit les incitations à investir sur des projets de long terme.</p>	<p>Augmentation des taux de mortalité et de maladie.</p> <p>Migrations induites par les événements climatiques extrêmes.</p> <p>Perte de temps éducatif et de compétences.</p>	<p>Les faillites induites par les désastres climatiques et les réductions localisées de l'accès aux financements entraîneraient de la réallocation entre entreprises.</p> <p>Le <i>management</i> se concentre sur les procédures de reconstruction plutôt que sur l'organisation de la production, ce qui réduit la productivité.</p>

Source : Banque Centrale Européenne (2023), « How climate change affects potential output », *Economic Bulletin Issue 6*

Les différentes études d'impact agrégé disponibles estiment que le réchauffement climatique aura un impact négatif sur le PIB mondial, croissant avec l'ampleur du réchauffement des températures. Bien que l'impact du changement climatique affecte de nombreuses dimensions socioéconomiques, et pas uniquement le PIB, les estimations des dommages sont souvent limitées au PIB. Elles sont par ailleurs très dépendantes de la méthode d'estimation retenue. Ainsi, si certaines méthodes estiment un impact jusqu'à -15 % de PIB mondial en 2050 et -30 % de PIB en 2100 dans un cadre « à politique inchangée », d'autres suggèrent des impacts plus limités (-4 % en 2100 et même un impact nul en 2050)²⁸. Cependant, les études les plus anciennes tendent à sous-évaluer les effets, tandis que les études plus récentes conduisent à des impacts plus importants, en raison d'une modélisation plus réaliste des dynamiques environnementales et climatiques et de leurs interactions avec les variables économiques. **Le GIEC retient ainsi, dans son dernier rapport de synthèse, qu'un réchauffement des températures d'environ 4°C en 2100 entraînerait un déclin du PIB mondial compris entre 10 % et 23 % à cet horizon.**

²⁸ Lancesseur N., Labrousse C., Valdenaire M., Nakaa M., « Impact économique du changement climatique : revue des méthodologies d'estimation, résultats et limites », Document de Travail n°2020/4, Direction Générale du Trésor.

Les évaluations des impacts au niveau mondial masquent de très fortes hétérogénéités régionales, les pays soumis actuellement aux climats les plus chauds étant les plus vulnérables aux effets du réchauffement climatique²⁹ (cf. Graphique 4). Ces pays en développement sont par ailleurs ceux dont l'économie repose le plus sur le secteur agricole, particulièrement soumis aux risques climatiques, mais également ceux dont la qualité des institutions et l'absence de système d'assurance obèrent leur capacité à faire face à ces changements. Les projections de l'OCDE³⁰ confirment l'hétérogénéité des impacts avec des pertes de consommation par habitant de l'ordre de 4 % à horizon 2060 pour l'Afrique subsaharienne, l'Asie du Sud et du Sud-Est, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord, de 2 % pour l'Amérique latine et comprises entre 0 et 1 % pour les zones Amérique, Europe et Pacifique de l'OCDE.

Décliner au niveau national le chiffrage de coût total du changement climatique est un exercice particulièrement complexe, notamment en raison de la propagation des effets adverses le long des chaînes de valeur mondiales. L'évaluation des dommages au niveau national se heurte à des difficultés théoriques et pratiques : les données historiques reliant l'activité économique et les conditions climatiques sont rares et de qualité variable, tandis que la multiplicité des impacts économiques et sociaux possibles et les rétroactions entre les différents pays et secteurs rendent incertain tout exercice de chiffrage précis. Les destructions d'infrastructures et les réductions de production au niveau national se transmettraient ainsi aux autres pays *via* le commerce international. Ces effets économiques pourraient être d'ampleur très importante : à titre d'exemple des effets de « second tour », un séisme survenu au Japon en 2011, accompagné d'une diminution de la production industrielle nationale de 15 % résorbée en l'espace de 5 mois, a ainsi entraîné une chute des exportations de certains composants. Cela a, entre autres, perturbé l'approvisionnement de certaines usines américaines, avec un impact macroéconomique estimé à 0,5 point de PIB américain au deuxième trimestre 2011³¹. Le réchauffement climatique pourrait également modifier la répartition des flux commerciaux internationaux, notamment *via* la modification des avantages comparatifs des différents pays : les économies les plus vulnérables au dérèglement climatique et les moins diversifiées verraient leurs coûts de production augmenter plus rapidement que leurs partenaires commerciaux, ce qui réduirait leur compétitivité relative.

Les effets économiques du changement climatique pour la France sont encore insuffisamment connus. Le dernier recensement des effets économiques du changement climatique en France repose sur une revue énumérative sectorielle³² (cf. Encadré 1) ; malgré sa couverture partielle, les impacts qui ont pu être monétisés dépassent 45 Md€ par an à horizon 2050, soit 1,3 % du PIB environ. Cependant, ces études ne considèrent qu'un nombre limité de canaux du changement climatique à l'économie et ignorent les risques de transition liés à la transformation des économies, comme les actifs échoués. Le réseau des banques centrales et des autorités de surveillance pour le verdissement du système financier (NGFS) publie des scénarios de référence pour la transition, avec les impacts macroéconomiques sur de nombreux pays, à partir d'une approche mêlant modèles technico-économiques calibrés sur un réchauffement mondial de +3°C en 2100 et impacts sectoriels³³. Selon ces scénarios, en cas d'inaction, l'impact du changement climatique sur l'activité s'élèverait à -8 points de PIB environ à horizon 2050, relativement à un contrefactuel sans évolution climatique. Enfin, une approche hybride menée

²⁹ Hsiang, S., Oliva, P., et R. Walker (2019). "The distribution of environmental damages". *Review of Environmental Economics and Policy*.

³⁰ OCDE (2016), « Les conséquences économiques du changement climatique », Éditions OCDE.

³¹ Boehm C. E., Aaron F. et P.-N. Nitya (2016), « The Role of Global Supply Chains in the Transmission of Shocks: Firm-Level Evidence from the 2011 Tōhoku Earthquake », Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System.

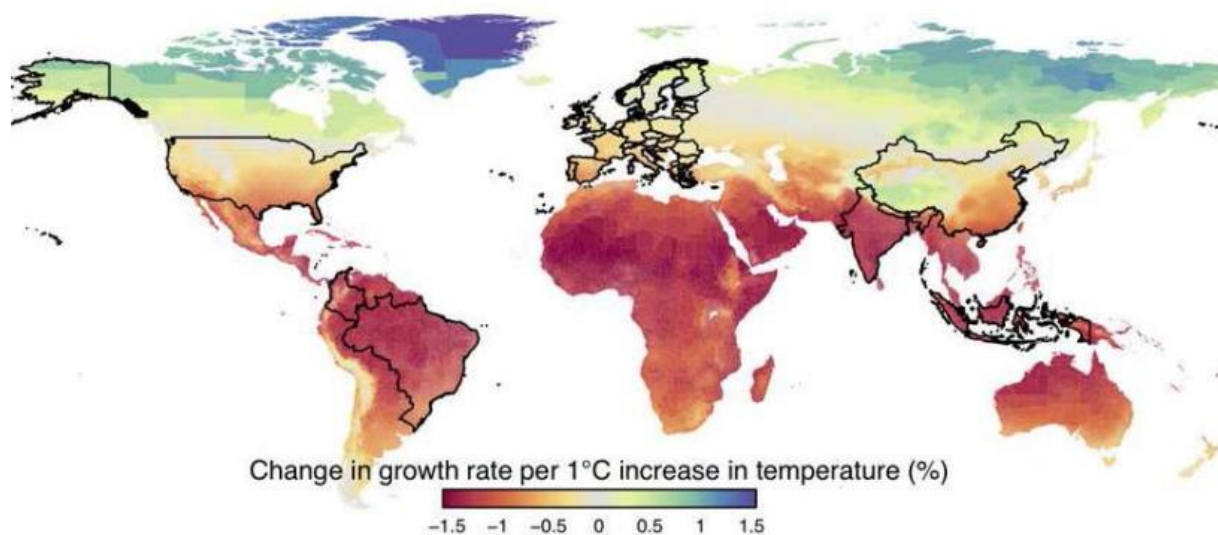
³² Timbeau et al. (2023) rapport thématique « Dommages et adaptation » rattaché à la mission France Stratégie « Les incidences économiques de l'action pour le climat » pilotée par J. Pisani-Ferry et S. Mahfouz.

³³ NGFS (2023), Technical Documentation V4, Climate Scenarios Database.

par le projet européen Peseta IV³⁴, couplant estimations sectorielles et données spatiales, permet d'évaluer la localisation des impacts à des échelles plus fines. Les dommages pris en compte dans l'exercice utilisant un modèle d'équilibre général calculable³⁵ atteindraient en moyenne 0,25 % du PIB français en 2100, dans un scénario de réchauffement global à +3°C, sans adaptation de l'économie, relativement à une situation sans changement climatique. À cela s'ajouterait notamment la réduction de la productivité du travail due à l'augmentation des températures, dont l'effet sur l'économie se traduirait par une réduction du PIB de -0,2 % et -0,5 % en 2050 et 2080 respectivement, dans un scénario de réchauffement mondial à +2°C en 2050 et +4°C en 2100³⁶. Cependant, ces estimations restent très incertaines, dépendent fortement des options de modélisations choisies et sont probablement sous-estimées. Elles n'incluent pas les enjeux non monétaires détaillés au début de cette section, comme certains effets sur la santé ou le bien-être, ainsi qu'une partie des services écosystémiques rendus par la biodiversité.

GRAPHIQUE 4

Hétérogénéité de l'impact du réchauffement climatique sur le taux de croissance du PIB



Source : Burke et Tanutama (2019) "Climatic constraints on aggregate economic output", NBER Working Paper Series.

Lecture : Variation du taux de croissance du PIB (en %) pour chaque augmentation d'1°C de température.

³⁴ Commission Européenne, Joint Research Center (2020), « Climate change and adaptation in Europe », PESETA IV final report.

³⁵ Ces risques incluent les inondations côtières et fluviales, les sécheresses et vagues de froid, les canicules et les tempêtes.

³⁶ Szewczyk et al (2021) « Heat stress, labour productivity and adaptation in Europe—a regional and occupational analysis ». Scénario RCP 8.5. L'estimation de réduction du PIB ne tient pas compte des politiques d'adaptation et est calculée en différence à un scénario où le climat resterait identique à celui de 1990.

ENCADRÉ 1

Les méthodologies d'évaluation des dommages et leurs limites

Compte-tenu de la complexité des phénomènes physiques sous-jacents, de l'absence de précédent historique, et de la variété des impacts, les estimations des impacts du changement climatique sont nécessairement incertaines. Trois méthodes principales sont mobilisées pour évaluer les impacts économiques du changement climatique.

TABLEAU 2

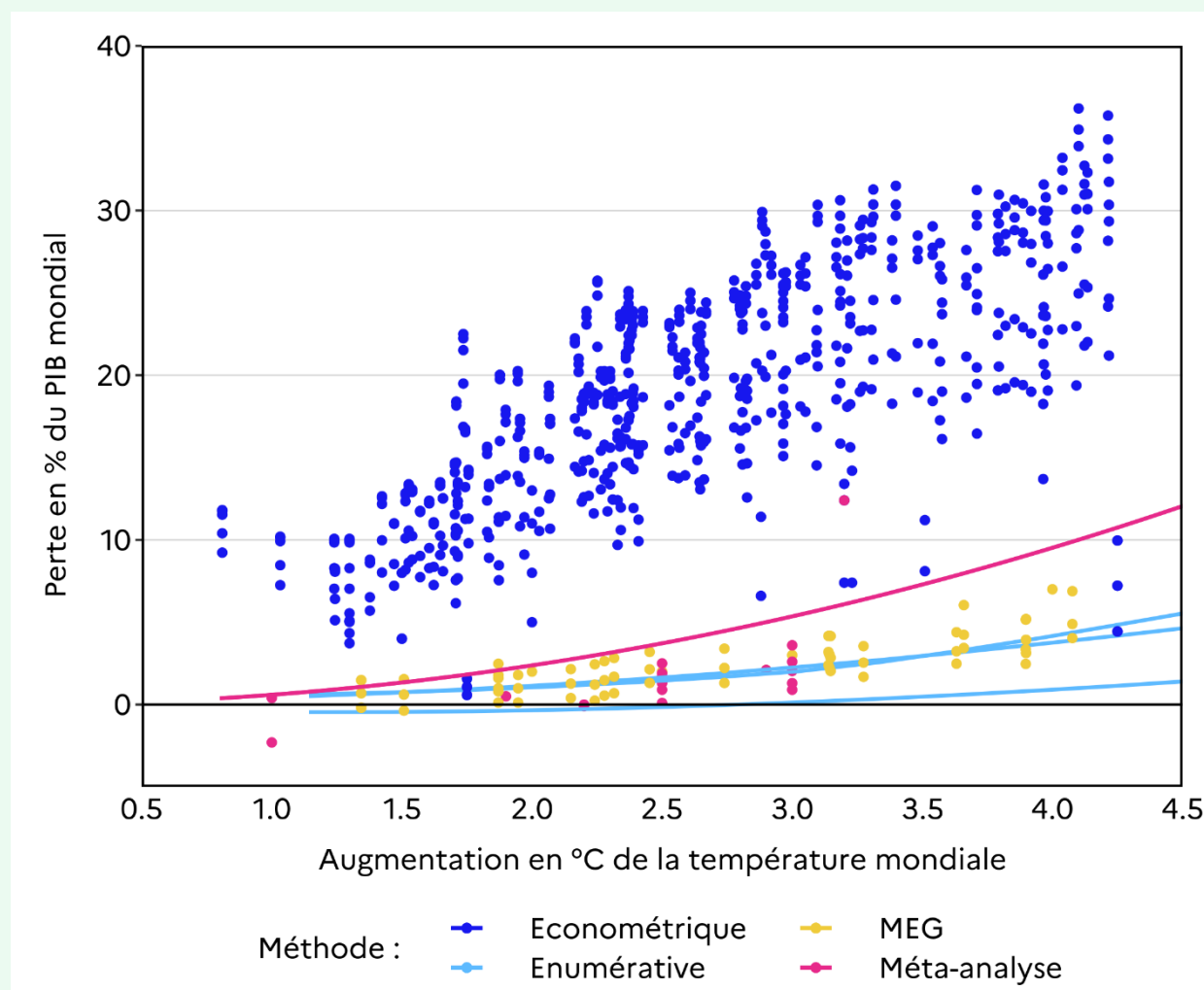
Principes et limites des méthodes d'estimation de l'impact du changement climatique

Méthode	Principe	Limites
Énumérative	Agrégation de chiffrages d'impacts sectoriels. Les estimations sectorielles se fondent sur un principe de conversion monétaire : elles utilisent les prévisions d'impacts physiques établies par les travaux des climatologues et assignent une valeur marchande à ces impacts. Par exemple, les effets estimés de la hausse de température sur le rendement du blé sont traduits en impact monétaire sur la production de blé.	Risque de sous-estimer les dommages car ne prend en compte que les canaux qui ont été chiffrés, pas nécessairement exhaustifs (en particulier les interactions entre secteurs).
Modèles d'équilibre général (MEG)	Représentation dynamique du système économique d'un pays ou de plusieurs pays en interaction, chaque système ayant une déclinaison sectorielle et des agents représentatifs (consommateurs, État, producteurs) optimisant leurs décisions économiques face à un double choc – productivité et destruction de capital. Les modèles d'équilibre général offrent l'avantage de bien prendre en compte les réorganisations de l'activité liées au changement climatique.	Le calibrage de ces modèles pose problème : il n'est pas toujours possible de fonder empiriquement les paramètres choisis pour le modèle et l'éventuelle estimation de ceux-ci se fonde au mieux sur des chocs de petite ampleur, ce qui limite la crédibilité du modèle lorsqu'il est employé pour simuler des changements importants. Par ailleurs, à quelques exceptions près, les modèles d'équilibre général modélisent les réallocations de l'activité entre secteurs sans prendre en compte leur coût. De plus, ils ignorent les effets d'éviction du changement climatique : remédier aux destructions de capital nécessite des investissements supplémentaires à production constante, réduisant la productivité marginale du capital, tandis que les investissements d'adaptation peuvent s'effectuer au détriment de la R&D. Enfin, ces modèles ignorent la réduction de croissance potentielle associée à la perte de capital humain.
Économétrique	Extrapolation à partir de données historiques de la relation entre économie et climat, en coupe ou en panel (c'est-à-dire sur une ou plusieurs années), notamment en exploitant l'impact du réchauffement et des chocs climatiques déjà observés.	L'extrapolation linéaire des impacts peut sous-estimer leur intensification autour de points de bascule, en particulier pour des impacts qui ne se sont pas encore manifestés de manière importante sur des données historiques (par exemple montée des eaux). À l'inverse, prise en compte imparfaite de l'adaptation au changement climatique.

Source : Lancesseur N., Labrousse C., Valdenaire M., Nakaa M., « Impact économique du changement climatique : revue des méthodologies d'estimation, résultats et limites », Document de Travail de la DG Trésor n°2020/4

Les résultats à l'échelle mondiale compilés dans le dernier rapport du GIEC (cf. Graphique 5) suggèrent que les estimations de l'impact du changement climatique sur le PIB dépendent fortement de la méthodologie employée : les résultats des études économétriques seraient bien supérieurs à ceux des études énumératives ou basées sur des modèles d'équilibre général (MEG).

GRAPHIQUE 5
Impacts économiques agrégés du changement climatique, selon le niveau de réchauffement et la méthode mobilisée



Source : GIEC (2023), AR6 WGIII.

Note : les différentes estimations de dommage, correspondant chacune à un point ou à une courbe, sont calculées en écart à une trajectoire de PIB sans changement climatique.

1.2 Les engagements ambitieux de lutte contre le changement climatique impliquent un renforcement des politiques de transition vers la neutralité carbone

1.2.1 La France est signataire d'engagements ambitieux aux niveaux mondial, européen et national

La France est signataire de l'Accord de Paris, adopté par 195 nations le 12 décembre 2015, qui vise à maintenir l'augmentation de la température mondiale nettement sous 2°C et à mobiliser des efforts encore plus poussés pour limiter cette augmentation à 1,5°C par rapport à l'ère préindustrielle (1850-1900). Ces efforts se manifestent notamment par des stratégies nationales de lutte contre le changement climatique, accompagnées d'un système de transparence commun : les actions menées, ainsi que leurs résultats en matière d'émissions, doivent être régulièrement publiés par les États. Au niveau international, ils se manifestent également par un soutien financier des pays développés vers les pays en développement (objectif des 100 Md\$), auquel la France prend une part essentielle. La France a ainsi fourni 7,6 Md€ de financements climat en 2022, dont 2,6 Md€ pour l'adaptation. En particulier, la France contribue au Fonds vert pour le climat, principal instrument multilatéral de financements des politiques climatiques pour les pays en développement, à hauteur de 1,6 Md€ pour la période 2020-2023, soit 10 % des engagements, alors que son économie ne représente que 2 % du PIB mondial. Le transfert de technologie bas-carbone des pays développés vers les pays en développement est un autre pilier de la solidarité entre pays. Ainsi, l'Agence française de développement (AFD) fournit conseils et expertise dans le cadre de projets d'installation d'énergies renouvelables dans les pays en développement.

Au sein de l'Union européenne, l'accord de Paris se décline en un objectif de réduction des émissions nettes de GES de 55 % en 2030 par rapport à 1990 et un objectif de neutralité carbone en 2050, selon la loi européenne sur le climat. Ces objectifs ambitieux, inscrits dans le droit européen depuis le 30 juin 2021, s'accompagnent d'un ensemble de leviers d'action, le paquet « Fit for 55 » : le système d'échange de quotas d'émissions est progressivement renforcé et étendu, les objectifs nationaux ont été réhaussés³⁷, et un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières visant à assurer que la réduction des émissions européennes ne se traduise pas par des hausses d'émissions dans des pays tiers (phénomène dit de « fuites de carbone ») est progressivement mis en place depuis le 1^{er} octobre 2023.

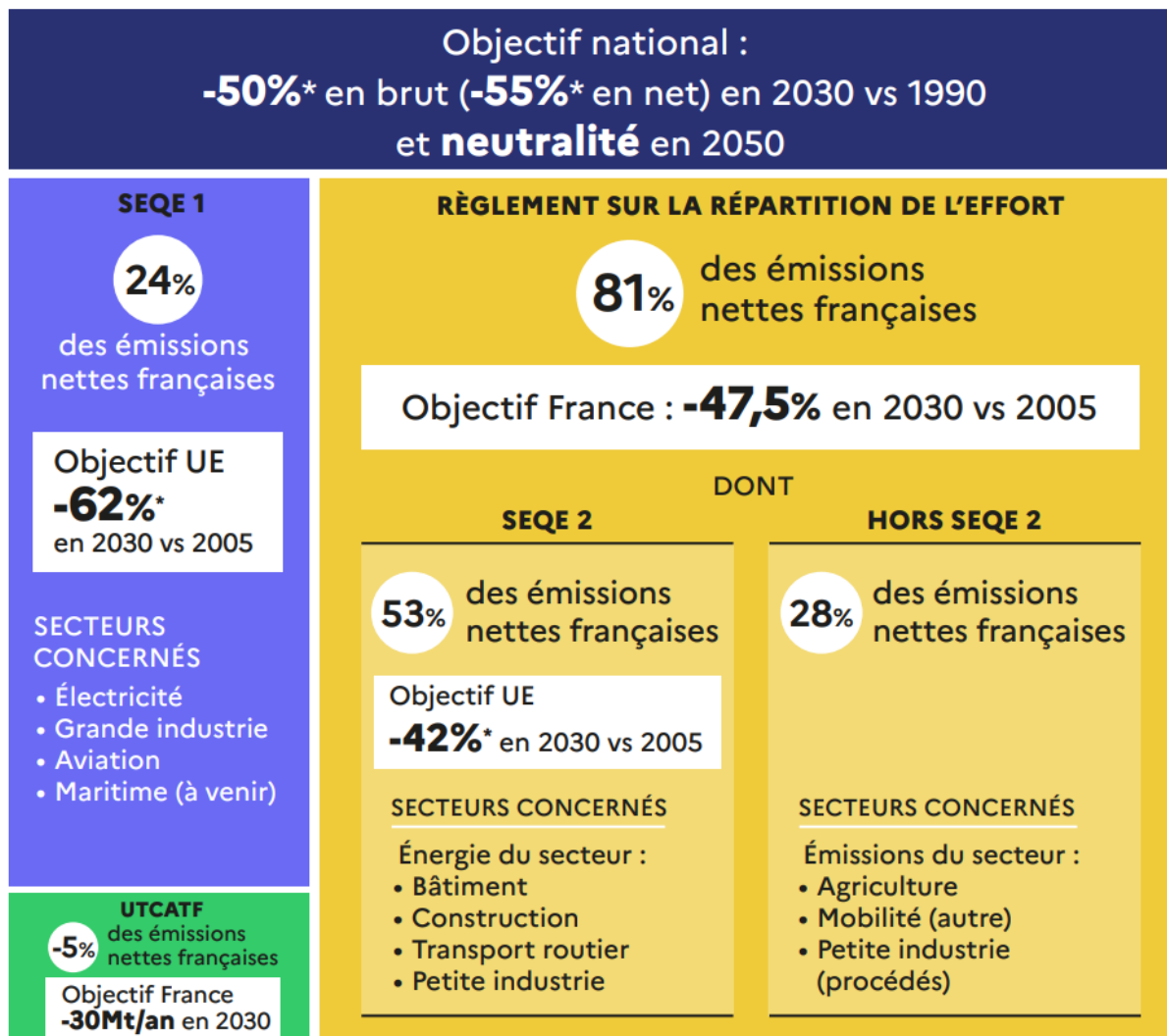
À la suite du rehaussement de l'objectif européen, l'objectif français de réduction brute des émissions de GES est relevé à -50 % en 2030 par rapport à 1990 (émissions brutes hors UTCATF, cf. Tableau 3) et pourrait être de l'ordre de -55 % en net³⁸. Ces objectifs seront déclinés sectoriellement selon le champ des émissions dans la 3^{ème} Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC-3), établie sous l'égide du Secrétariat Général à la Planification Écologique. Les émissions couvertes par le système européen de quotas d'émission (SEQE ou ETS en anglais), incluant la production électrique, les grandes entreprises industrielles, et l'aviation au sein de l'espace économique européen, représentant un quart des émissions nettes de la France, doivent diminuer de 62 % en 2030 relativement à 2005 dans l'ensemble de l'UE. Les émissions couvertes par le règlement dit du « partage de l'effort », principalement les transports routiers, les bâtiments, l'agriculture, la construction, et représentant 81 % des émissions nettes, doivent

³⁷ La révision du règlement sur la répartition de l'effort fixe des objectifs de réduction des émissions plus ambitieux pour l'agriculture, les déchets, les petites industries et le transport maritime et routier. Ce dernier est également concerné par la fin des ventes de voitures et VUL thermiques, avancé de 2040 à 2035.

³⁸ Ce relèvement des objectifs a été communiqué à plusieurs reprises (du Président de la République lors du Conseil de planification écologique du 25 septembre 2023, [communiqué](#) de la Première Ministre à la remise 2022 du rapport HCC, etc.), mais n'est pas encore transcrit dans la loi française.

diminuer de 47,5 %, plus rapidement que la moyenne européenne. La captation nette de carbone permise par l'utilisation des terres et de la foresterie (UTCATF) doit atteindre 30 Mt CO₂éq par an³⁹ en France d'ici 2030, contre environ 17 Mt CO₂éq en 2021 et 2022 (soit environ -5 % des émissions nettes).

TABLEAU 3
Répartition par instrument et secteur des objectifs français de réduction d'émissions nettes de gaz à effet de serre



* Ces objectifs illustratifs reposent sur l'hypothèse que les émissions françaises couvertes par un système européen d'échange de quotas d'émission (SEQE 1 et SEQE 2) évoluent au même rythme que la moyenne de l'UE.
Notes : 1. la surface des cases est proportionnelle à la part de l'instrument dans les émissions nettes françaises. 2. Le périmètre sectoriel de l'ETS présenté ici correspond à la directive européenne 2023/959. 3. Seuls les trajets aériens effectués au sein de l'espace économique européen sont couverts par le SEQE 1. 4. L'objectif d'une captation de 30 Mt CO₂éq par an par les puits de carbone naturels, provisoire, est calculé selon les estimations actuelles des puits de carbone naturels.

Au-delà des émissions de GES agrégées, la France a souscrit à d'autres engagements internationaux spécifiques, signés dans le cadre des COP climat ou de l'Union européenne. Deux d'entre eux ont été signés en 2021, lors de la COP26 sur le climat : le Pacte mondial sur le méthane (ou Global Methane Pledge), un accord conjoint visant à réduire les émissions de méthane de 30 % relativement à leur niveau de 2020, toutes sources sectorielles confondues, d'ici à 2030. Le

³⁹ Cet objectif, provisoire, est calculé selon les estimations actuelles des puits de carbone naturels. En toute rigueur, l'objectif UTCATF de la France est de capter 6,7 Mt CO₂éq par an de plus que la valeur de référence 2016-2018 issue de l'inventaire Secten 2030 (disponible en 2032).

second accord engage la centaine de pays signataires à mettre fin à la déforestation à l'horizon 2030. Les directives élaborées au sein de l'Union européenne comprennent par exemple la directive sur les émissions industrielles ou celle sur les énergies renouvelables⁴⁰.

La France s'est également donné d'autres objectifs visant à limiter son empreinte sur l'environnement. Afin de lutter contre l'artificialisation des sols, la France s'est dotée d'objectifs quantitatifs ambitieux dans le cadre de la loi Climat et résilience (2021) : diviser par deux la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers d'ici 2030 par rapport à la consommation réelle observée sur les dix années précédentes et atteindre zéro artificialisation nette des sols à l'horizon 2050. En effet, l'artificialisation contribue directement à la destruction de puits de carbone, à la réduction des surfaces agricoles, à l'aggravation des risques de catastrophe naturelle et à l'érosion de la biodiversité. La protection de cette dernière fait d'ailleurs l'objet d'un accord international dit de « Kunming-Montréal », adopté à Montréal en 2022 lors de la COP15 Biodiversité, qui cadre la stratégie mondiale pour la biodiversité sur la période 2020-2030, avec des objectifs à atteindre d'ici 2030 et des grandes orientations à 2050. Cet engagement se concrétise en France via la stratégie nationale biodiversité 2030 (SNB) qui présente la feuille de route pour la période 2022-2030.

Le projet « France Nation Verte », élaboré sous l'autorité de la Première ministre, constitue la feuille de route française pour réaliser ces objectifs climatiques, énergétiques et environnementaux et accélérer les efforts. En lien avec le chantier de réindustrialisation et le projet de loi industrie verte (2023), l'objectif est aussi de renforcer – grâce à la transition écologique – la souveraineté tant énergétique, qu'industrielle et alimentaire du pays, en favorisant la production industrielle et agricole en France. Ce plan d'actions « France Nation Verte » mobilise l'ensemble des acteurs publics et privés autour de plusieurs priorités. La future Stratégie Française Énergie-Climat (SFEC) sera la feuille de route actualisée de la France pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES), atteindre la neutralité climatique en 2050 et assurer l'adaptation au changement climatique. Elle sera constituée de trois documents de programmation actualisés en 2024 : la 3^{ème} Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC-3), feuille de route française de la politique d'atténuation du changement climatique, avec notamment des budgets carbone par secteur par période de cinq ans ; la 3^{ème} Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE3), outil de pilotage de la politique énergétique française, élaborée en cohérence avec la SNBC-3 et qui couvrira la période 2024-2033 ; et enfin le 3^{ème} Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC3), visant à limiter les impacts du changement climatique sur les activités socio-économiques et la nature.

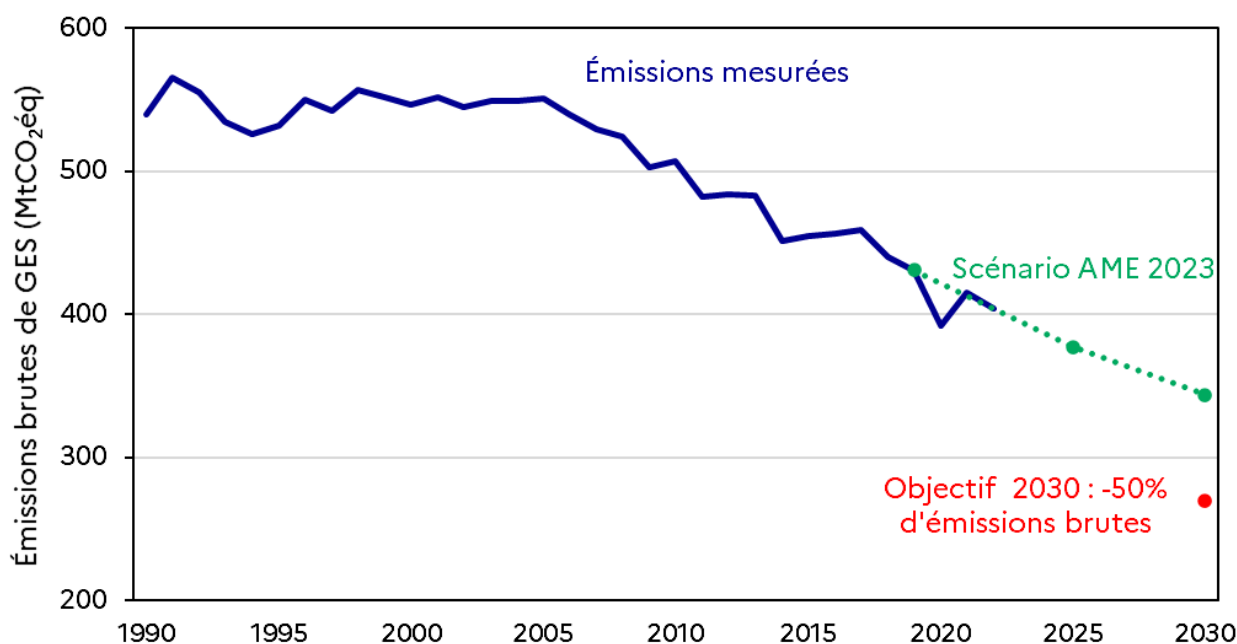
1.2.2 L'évolution tendancielle des émissions est incompatible avec les objectifs fixés pour 2030 et 2050

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) au niveau mondial ont augmenté chaque année depuis 1990, à l'exception des années 2009 et 2020 en raison de crises économique et sanitaire majeures. Un ralentissement s'observe cependant entre 2012 et 2019, où les émissions de GES ont augmenté de 420 Mt CO₂éq par an (soit environ +0,9 %) en moyenne, contre 1080 Mt CO₂éq par an (soit environ +2,7 %) entre 2002 et 2011. Même si ce ralentissement se poursuit, le niveau d'émissions mondiales de GES continuera de s'éloigner de l'objectif de réduction des émissions compatible avec le respect de l'Accord de Paris : limiter le réchauffement planétaire nettement sous 2°C requiert une diminution des émissions estimée à 20 % en 2030 et 45 % en 2040, par rapport à leur niveau de 2019⁴¹.

⁴⁰ Cette directive a été révisée en début d'année 2023 pour imposer un taux de 42,5 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale de l'année 2030.

⁴¹ GIEC (2023) « Climate Change 2023, AR6 Synthesis Report ». Ces valeurs représentent 50 % de probabilité de limiter le réchauffement à 1,5°C et à 1,7°C (ou 2°C avec 67 % de probabilité), respectivement.

GRAPHIQUE 6
Émissions brutes⁴² françaises de gaz à effet de serre et objectifs climatiques



Source : CITEPA et SDES.

Note : AME 2023 correspond au scénario d'émissions « avec mesures existantes » des dernières estimations provisoires (run 1) de la SNBC-3 ; il intègre toutes les mesures adoptées jusqu'à la fin de l'année 2021, ce qui exclut, par exemple, la nouvelle politique agricole commune (PAC) ou le volet décarbonation de l'industrie du plan France 2030. Périmètre géographique : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE.

En France, les émissions de GES ont diminué de 2,1 % par an en moyenne entre 2019 et 2022 – rythme de réduction qui devra doubler entre 2022 et 2030, et est à horizon 2050 très dépendant de l'état des puits de carbone. Malgré le rebond de l'activité économique en sortie de la crise Covid, les émissions de GES françaises ont décliné plus rapidement entre 2019 et 2022 (-2,1 % par an en moyenne, soit -9,1 Mt CO₂éq) qu'entre 2010 et 2019 (-8,4 Mt CO₂éq par an)⁴³. Cependant, cette tendance ne permettrait pas d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050, a fortiori dans un contexte de dégradation des puits de carbone naturels, qui ont diminué de 40 % entre 2016 et 2021.⁴⁴

Les réductions d'émissions entre 1990 et 2022 se sont principalement concentrées dans l'industrie et la production d'énergie, alors que l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 implique une forte baisse d'émissions dans tous les secteurs. L'industrie est ainsi le secteur économique français qui a le plus décarboné depuis 1990, grâce au progrès technique incorporé dans les investissements visant à neutraliser la pollution et à améliorer les procédés de fabrication (amélioration de « l'efficacité carbone »), quand bien même la valeur ajoutée de l'industrie continuait de croître⁴⁵ (cf. Graphique 7).

⁴² Les émissions brutes excluent le secteur UTCATF (et notamment les absorptions de gaz à effet de serre des puits de carbone naturels) ainsi que les émissions négatives provenant des technologies de captation et de stockage du carbone (CCS).

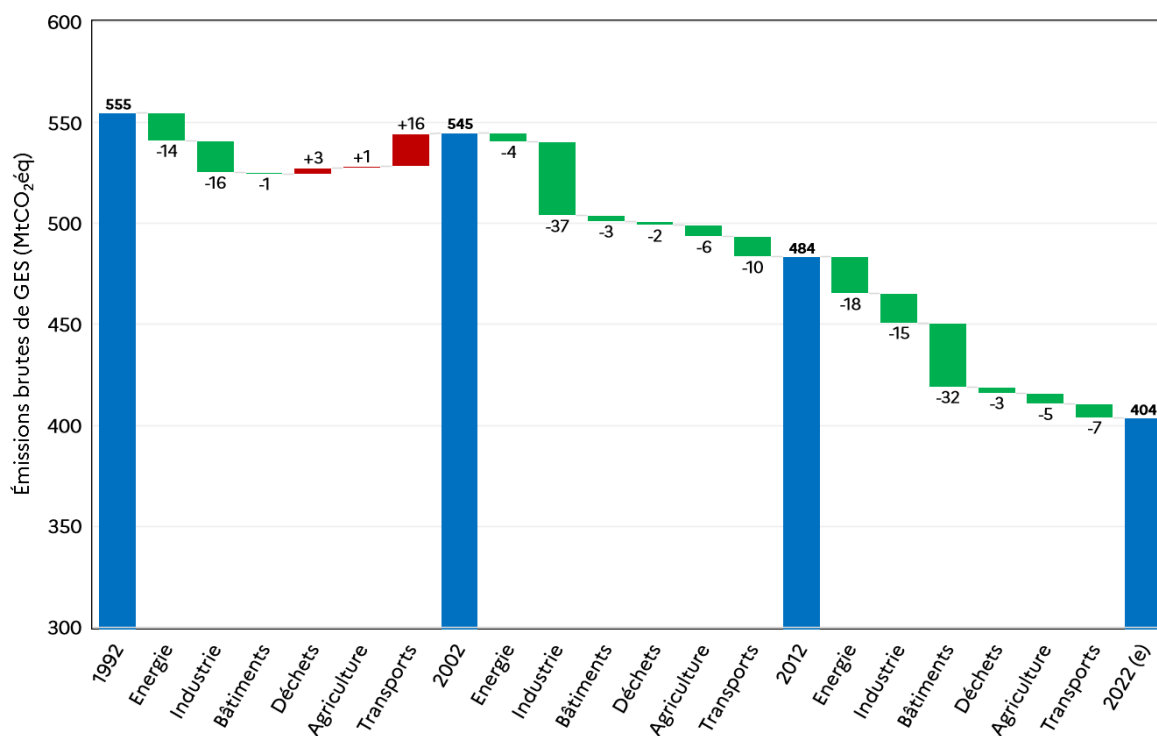
⁴³ Citepa, émissions de CO₂éq au sens du périmètre de Kyoto, pour la France hexagonale et l'Outre-mer inclus dans l'UE.

⁴⁴ Citepa, inventaire 2023 – format Secten

⁴⁵ Bornstein A., Faquet R. (2021), « La décarbonation de l'industrie en France », Trésor-Éco n°291, Direction Générale du Trésor.

GRAPHIQUE 7

Contributions sectorielles à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en France



Source : CITEPA, inventaire Secten pour les émissions passées. Les émissions 2022 correspondent à une pré-estimation du Citepa.

Notes : les émissions présentées correspondent au périmètre de Kyoto. Périmètre géographique : Métropole et Outre-mer inclus dans l'UE.

L'empreinte carbone⁴⁶ de la France est estimée à 623 Mt CO₂éq en 2022, soit 9,2 t CO₂éq par personne, selon les estimations provisoires du SDES⁴⁷. Elle est 1,6 fois plus élevée que les émissions territoriales françaises hors UTCATF de la même année, soit 394 Mt CO₂éq⁴⁸, mais inférieure à l'empreinte carbone moyenne des pays développés (cf. Encadré 2). Les émissions associées aux importations représentent un peu plus de la moitié (348 Mt CO₂éq) de l'empreinte de la France. L'autre moitié est composée des émissions liées à la production intérieure de biens et services destinés à la demande finale intérieure (169 Mt CO₂éq) et des émissions directes des ménages liées aux transports et au bâtiment (106 Mt CO₂éq). Cependant, l'approche utilisée par le SDES est très dépendante de la méthodologie de calcul choisie, qui n'est pas normalisée⁴⁹ ; l'empreinte carbone totale de la France pourrait ainsi être 10 % plus élevée selon le Haut Conseil pour le Climat⁵⁰. Entre 1995 et 2022, l'empreinte carbone de la France a moins baissé que les émissions territoriales, reflétant une augmentation des émissions importées sur la période (cf. Graphique 8).

⁴⁶ L'empreinte carbone de la France représente la quantité de gaz à effet de serre (GES) induite par la demande finale intérieure d'un pays (consommation des ménages, des administrations publiques et les investissements), que les biens ou services consommés soient produits sur le territoire national ou importés.

⁴⁷ SDES (2023) « L'empreinte carbone de la France de 1995 à 2022 ».

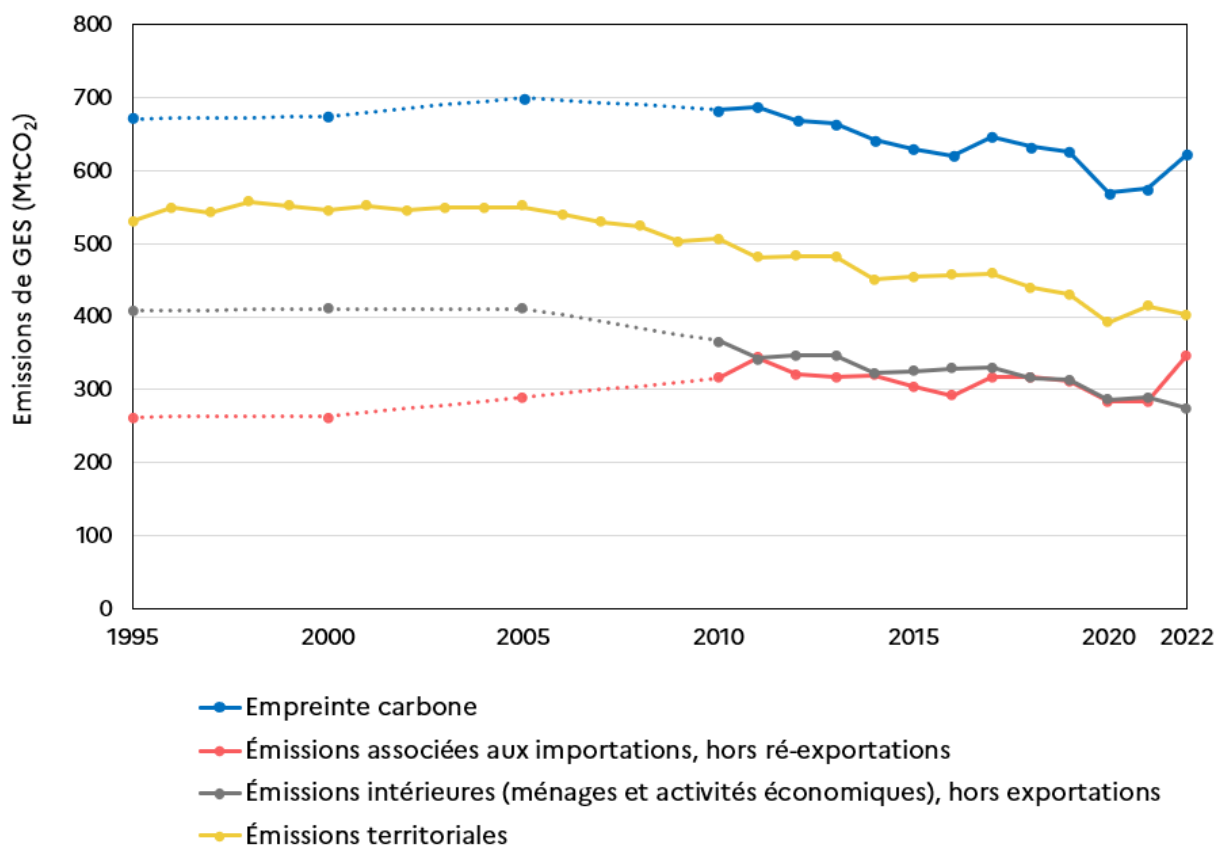
⁴⁸ Citepa, inventaire 2023 – format Secten. Émissions de CO₂éq au sens du périmètre de Kyoto, pour la France hexagonale et l'Outre-mer inclus dans l'UE, pour les 3 principaux GES (le CO₂, le CH₄ et le N₂O).

⁴⁹ Insee (2013) « Forces et fragilités des tableaux internationaux entrées-sorties pour le calcul de l'empreinte carbone », Document de travail n°2013-14. L'empreinte carbone de la France peut ainsi varier jusqu'à 20 % selon la méthodologie et les données choisies.

⁵⁰ HCC (2023) « Rapport annuel 2023 – Acter l'urgence, engager les moyens ».

GRAPHIQUE 8

Évolution de l’empreinte carbone et des émissions territoriales de la France et leurs composantes



Source : SDES (2023), « L’empreinte carbone de la France de 1995 à 2022 »

ENCADRÉ 2

Les émissions françaises de CO₂ sont plus faibles que la moyenne des économies avancées et découplées de la trajectoire du PIB ; mais diminuent à un rythme largement insuffisant pour atteindre les objectifs

En se limitant aux seules émissions de CO₂ (soit 78 % des émissions de gaz à effet de serre), la France se situe parmi les pays de l’OCDE dont les émissions territoriales par tête sont les plus faibles, avec 5 tCO₂ par habitant en 2018, contre 8 tCO₂ par habitant en moyenne dans l’OCDE. La France se situe en-dessous de l’Allemagne (9 tCO₂ par habitant) et des Etats-Unis (16 tCO₂ par habitant). Cela s’explique notamment par un mix électrique très peu carboné.

En raisonnant en « empreinte carbone », c’est-à-dire en attribuant les émissions de CO₂ non pas là où elles sont générées, mais au pays consommateur du bien, les émissions sont plus élevées dans la plupart des pays de l’OCDE, qui sont donc importateurs nets de carbone. L’empreinte de la France passe de 5 à 7 tCO₂ par habitant⁵¹, ce qui est inférieur à l’Allemagne

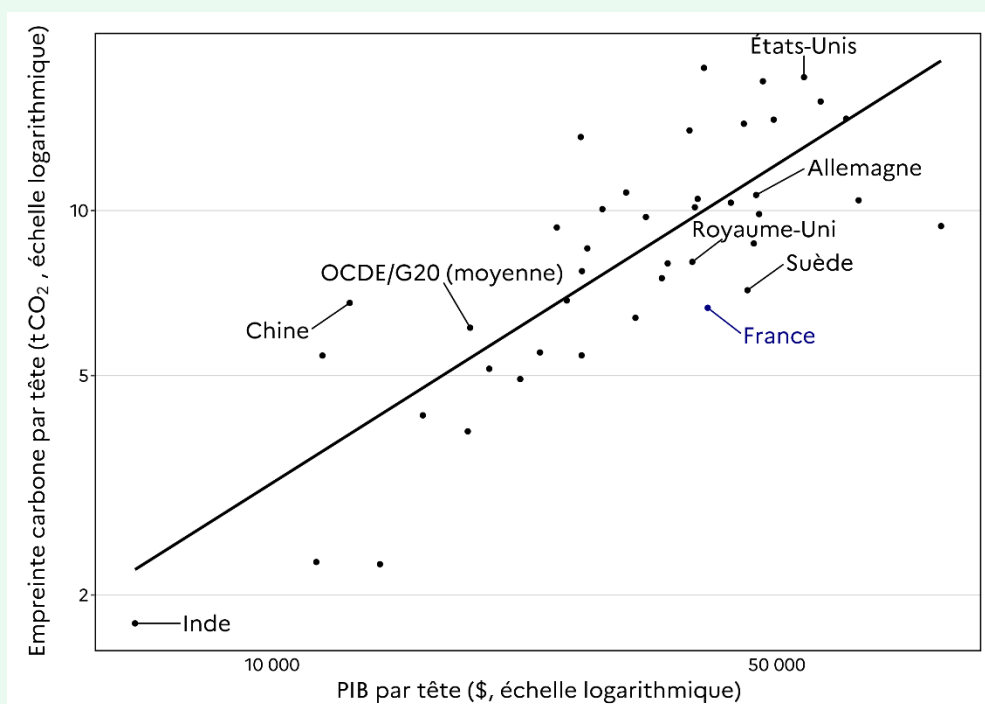
⁵¹ Cette estimation d’empreinte, ainsi que le reste de cet encadré, se limite aux seules émissions de CO₂ et exclut les autres gaz à effet de serre (GES). L’empreinte carbone française tous GES s’élève à 9,4 tCO₂ par habitant en 2018, selon le SDES.

(11 tCO₂ par habitant) ou aux États-Unis (17 tCO₂ par habitant). L’empreinte carbone est en moyenne plus importante dans les pays dont le revenu est plus élevé, bien qu’il existe une grande hétérogénéité qui ne s’explique pas uniquement par le revenu (cf. Graphique 9).

On observe dans la plupart des pays de l’OCDE un découplage absolu entre empreinte carbone et revenu (cf. Graphique 10) : l’empreinte carbone a diminué depuis les années 1990, quand le revenu (mesuré par le PIB) a crû dans le même temps⁵². C’est le cas en France, en Allemagne et aux États-Unis. Le rythme de décroissance doit cependant s’accélérer très fortement afin d’atteindre la neutralité carbone, tous gaz à effet de serre confondus, à l’horizon 2050.

Dans des pays comme la Chine ou l’Inde, le découplage est relatif : l’empreinte carbone et les émissions liées à la production continuent d’augmenter, mais à un rythme moins soutenu que le PIB. Ainsi, le contenu carbone du PIB décroît dans ces pays.

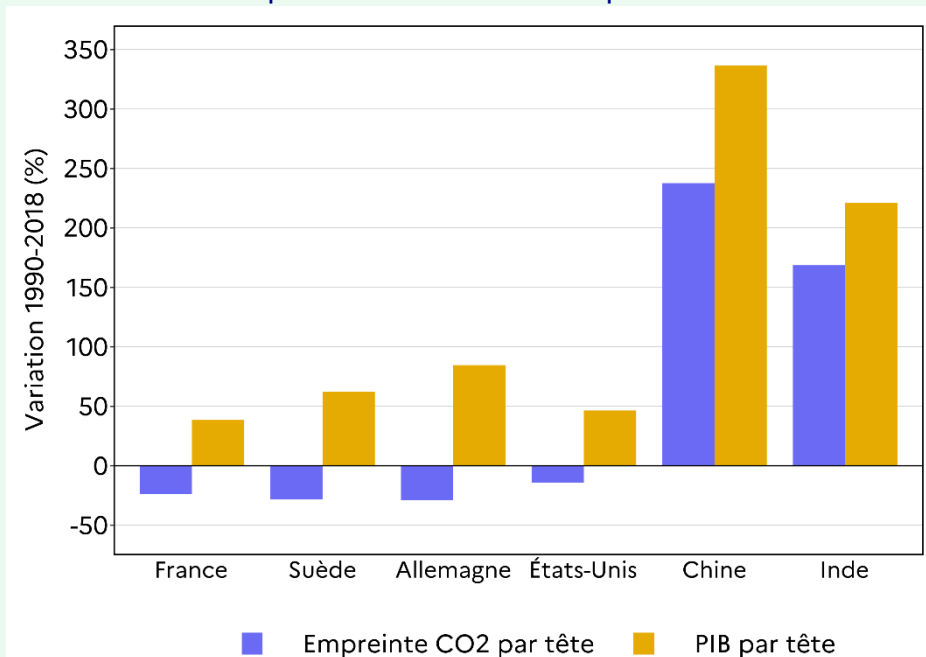
GRAPHIQUE 9
Association entre empreinte CO₂ et PIB par tête
dans les pays de l’OCDE et du G20 en 2018



Source : [OurWorldInData, 2022](#).

⁵² Girard P.-L., Le Gall C., Meignan W., Wen P. « Croissance et décarbonation de l’économie », Trésor-Éco n°315, Direction Générale du Trésor.

GRAPHIQUE 10
Évolution de l’empreinte carbone et du PIB par tête entre 1990 et 2018



Source : OurWorldInData, 2022

Note : les pays sont ordonnés par variation croissante de l’intensité carbone du PIB. La France est le pays dont l’intensité carbone a le plus décru sur la période 1990-2018.

1.3 Une nécessaire transformation de tous les pans de l’économie : des implications à appréhender, des opportunités sous certaines conditions

1.3.1 La transition bas-carbone est économiquement possible, et est compatible avec une croissance plus soutenable

La transition dans laquelle la France s’est engagée est économiquement possible et serait compatible avec une croissance plus soutenable, quoiqu’elle pourrait ralentir durant la transition. Le respect des engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) implique le découplage entre l’évolution des émissions de GES et celle de l’activité économique, ce que la France a déjà commencé à faire depuis 2005, mais à un rythme qui devra augmenter fortement (cf. Encadré 2). Il s’agit ainsi de rendre l’activité économique de plus en plus compatible avec la préservation de l’environnement. La croissance risque toutefois de ralentir pendant la phase de transition. En effet, les politiques d’atténuation représentent un coût à court terme du fait du renchérissement nécessaire du prix relatif des émissions de GES, du financement des investissements en décarbonation, qui pourrait se faire au détriment de la consommation ou d’autres investissements (notamment productifs), et de la sobriété qui, si elle est nécessaire pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, se traduira par une moindre consommation d’énergie.

Les politiques d’atténuation induisent toutefois des bénéfices, en premier lieu au regard des effets délétères du changement climatique évités, mais également économiques dans le cas

d'une transition ordonnée et suffisamment prévisible pour que les ménages et les entreprises puissent anticiper les mesures et adapter leur comportement en conséquence. Les technologies bas-carbone qui auront été développées pourraient aussi générer des gains de productivité et permettre la reprise du sentier de croissance qui prévalait avant la transition, sous réserve des incertitudes inhérentes à l'horizon lointain dont il est question. Cette analyse est notamment partagée par les conclusions de la mission conduite par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz sur « Les incidences économiques de l'action pour le climat ». Par ailleurs, la transition donnera lieu à certaines conditions à des co-bénéfices économiques et sanitaires (cf. infra).

Au niveau macroéconomique, la transition écologique doit conduire à un renchérissement du prix relatif des émissions de GES pour déclencher les investissements de décarbonation et les changements de comportement des ménages et des entreprises vers davantage de sobriété. Le renchérissement du coût des activités selon leurs émissions, *via* la tarification carbone ou de nouvelles réglementations, réhausse les prix des biens et des services dans les secteurs concernés, ainsi que les prix à la production et à la consommation par le biais des interconnexions entre entreprises (cf. Chapitre 2). La hausse des coûts de production et des prix dans leur ensemble aura un impact *a priori* négatif sur l'activité et la consommation, mais l'impact effectif dépendra du progrès technique, que le changement de prix relatif orientera davantage vers les technologies bas-carbone, de sa diffusion, ainsi que des capacités de substituer des technologies bas-carbone aux énergies fossiles⁵³. En sens inverse, le surcroît d'investissement nécessaire pour réaliser la transition stimule l'activité économique en générant un surplus de demande adressée aux entreprises et favorise ainsi la création d'emplois. Ces investissements n'augmentent toutefois pas le potentiel de croissance à court-moyen terme parce qu'ils sont orientés vers la moindre consommation de combustibles fossiles plutôt que vers l'efficacité ou l'extension des capacités de production, ce qui pourrait se traduire par un ralentissement temporaire de la productivité⁵⁴. Alors que la hausse des coûts de production et des investissements sera *a priori* inflationniste, l'impact effectif de ces deux chocs dépendra de la réaction de la politique monétaire et des anticipations des ménages sur l'évolution de leurs revenus.

Les effets macroéconomiques seront conditionnés par les coûts d'ajustement dans l'appareil productif, la bonne orientation des capacités de financement et le niveau de coopération internationale. La transition écologique implique des réallocations d'emplois et de capitaux entre les secteurs et les entreprises, qui peuvent être limitées par des coûts d'acquisition des nouvelles compétences ou par un déclassement accéléré des installations dans les secteurs à forte intensité carbone, dites « actifs échoués ». Les financements publics et privés doivent répondre à une triple contrainte : soutenir le développement des entreprises proposant des solutions bas-carbone, décarboner les secteurs les plus émissifs, et ce sans pénaliser le financement des autres investissements productifs. Enfin, l'impact macroéconomique dépendra du niveau de coopération internationale : une action climatique coordonnée entre les pays limite les pertes de compétitivité liées au rehaussement du prix relatif des émissions carbone et l'apparition de goulets d'étranglement au niveau des matières premières critiques, nécessaires à la production des véhicules électriques et des énergies bas-carbone.

Les effets à moyen et long terme dépendront également de l'ampleur des retombées de l'innovation verte sur la productivité. Les technologies des secteurs carbonés profitent de plus d'un siècle d'accumulation des connaissances et des brevets liés à l'exploitation des combustibles fossiles, leur donnant un avantage compétitif sur les technologies bas-carbone. La réorientation du progrès technique vers les technologies bas-carbone implique de renoncer progressivement à ces bénéfices, mais permettra aussi d'engranger des effets d'expérience et des gains de productivité soutenant la croissance économique à long terme.

⁵³ Girard P.-L., Le Gall C., Meignan W., Wen P. « Croissance et décarbonation de l'économie », Trésor-Éco n°315, Direction Générale du Trésor.

⁵⁴ Pisani-Ferry J. et Mahfouz S. (2023) « Les incidences économiques de l'action pour le climat », rapport France Stratégie.

Si les résultats des évaluations macroéconomiques récentes font état d'un impact plutôt négatif de la transition sur l'activité et l'emploi en France à court terme, elles présentent néanmoins des limites qui invitent à une interprétation prudente. Sur la base des travaux du NGFS⁵⁵, une politique de transition ordonnée en France aurait un impact sur l'activité compris entre -0,8 et -0,2 point de PIB à l'horizon 2030, avant de se résorber partiellement en 2050, par rapport à un contrefactuel hypothétique ne prenant en compte ni le changement climatique ni la transition écologique. D'autres études présentent en revanche des fourchettes d'impacts plus larges, potentiellement positives sur l'activité et l'emploi dès 2030 dans le cas où les investissements dans la transition n'évinceraient pas les autres investissements et génèreraient des retombées positives au-delà des seuls secteurs concernés. Les études mettent également en évidence l'amplification des coûts dans le cas d'une transition retardée (cf. Tableau 4). Ces résultats doivent néanmoins être interprétés avec précaution. La quasi-totalité des évaluations ne tiennent en effet pas compte de certains risques de transition critiques, en particulier : les frictions sur les marchés du travail et du capital (réallocation intersectorielle et infra-sectorielle de l'emploi, obsolescence d'une partie du stock de capital dans les secteurs les plus carbonés, goulots d'étranglement de l'approvisionnement en matériaux critiques, etc.), l'impact des mesures de décarbonation sur le progrès technique, qui pourrait générer des innovations, source de nouveaux gains de productivité à moyen-long terme ou au contraire évincer des innovations qui auraient eu lieu sinon, ou aussi d'éventuelles opportunités comme une relocalisation en France d'une partie de la production. Pour résoudre ces limites méthodologiques, le rapport « Les incidences économiques de l'action pour le climat » de Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz propose que les études futures assurent un meilleur couplage des modèles macroéconomiques avec des modèles microéconomiques permettant de représenter plus finement le comportement des ménages et des entreprises, et ainsi exploiter les forces de chaque type de modèle. C'est notamment la démarche dans laquelle s'inscrit la direction générale du Trésor en renforçant son investissement dans les outils d'évaluation économique, tant micro- que macro-, de la transition. En particulier, depuis l'été 2023, le modèle macroéconomique « Mésange » intègre un module permettant d'évaluer l'impact des réformes et chocs économiques sur les émissions de gaz à effet de serre et le bouquet énergétique.

⁵⁵ *Network for Greening the Financial System*, groupement de banques centrales et superviseurs engagés dans la transition écologique.

TABLEAU 4
Synthèse des évaluations ex ante de l'impact de différents scénarios de transition ordonnée, en France

SOURCE & MODÈLE(S)	SCÉNARIO(S) MODÉLISÉ(S)	HORIZON	IMPACT SUR L'ACTIVITÉ (en % en écart à un scénario de référence)	IMPACT SUR L'EMPLOI (en milliers d'emplois ou en % en écart à un scénario de référence)
SNBC-2 (2020) Modèles : ThreeME, Imaclim	Scénario pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 comparé à un scénario des mesures de transition prises jusqu'en 2018	2030	+0,7 % à +2,5 %	+300 à +500
		2050	+3,7 % à +3,8 %	+700 à +900
NGFS (2023) Modèle : NiGEM	Scénarios de transition ordonnée par rapport à un contrefactuel sans choc	2030	-0,8 % à -0,2 %	Non spécifié
		2050	-0,3 % à +0,3 %	
	Scénarios de transition retardée à 2030 par rapport à un contrefactuel sans choc	2050	-1,1 % à -0,4 %	
Ademe (2022) Modèle : ThreeME	Quatre scénarios de transition pour atteindre la neutralité carbone en 2050, par rapport à un contrefactuel sans choc	2030	-8,2 % à +4,1 %	-2 000 à +650
		2050	-5,7 % à +2,7 %	-1 500 à +700
Chateau et al. (2022) Modèle : ENV-IMF	Réduction des émissions CO2 de 7 % selon différentes mesures par rapport à un contrefactuel sans choc	2030	-0,5 % à -0,1 %	-0,3 % à 0 %
Ademe, Banque de France, CIRED, Seureco (2023) Modèles : ThreeME, NiGEM, Imaclim, NEMESIS	Scénario de transition ordonnée par rapport à un contrefactuel sans choc	2030	-1,5 % à 1,5 %	-125 à +400
		2050	-3,1 % à +2 %	-250 à +250
	Scénarios de transition retardée à 2030 par rapport à un contrefactuel sans choc	2030	-0,2 % à -0,1 %	-50 à +25
		2050	-5 % à +0,9 %	-425 à +500
	Scénarios de transition désordonnée par rapport à un contrefactuel sans choc	2030	-0,8 % à +1,5 %	-200 à +400
		2050	-1,7 % à +0,6 %	-425 à +500
Pisani-Ferry, Mahfouz (2023) Modèle : ThreeME	Ensemble de mesures sectorielles de décarbonation (transport, logement, énergie, industrie, fiscalité) par rapport à un scénario des mesures prises jusqu'à une date donnée (non spécifiée)	2040	-1,2 % à +1 %	Non spécifié

Source : analyse DG Trésor, à partir d'études diverses.

ENCADRÉ 3

La résilience de l'activité industrielle française pendant la crise énergétique 2022-2023 illustre les capacités d'adaptation du tissu productif français.

L'hiver 2022-2023 a été marqué par de fortes craintes sur l'approvisionnement en énergie : le parc nucléaire était en partie arrêté pour maintenance, tandis que l'approvisionnement en gaz était sous forte tension géopolitique. Ces craintes se sont accompagnées de nombreux appels à la sobriété à l'attention des ménages, des entreprises et des administrations publiques, mais elles se sont également traduites par une forte augmentation des prix. Sur les marchés spot, le prix du gaz a ainsi été multiplié par 4,5 et le prix de l'électricité par 3 en moyenne durant l'hiver 2023, par rapport à l'hiver 2021.

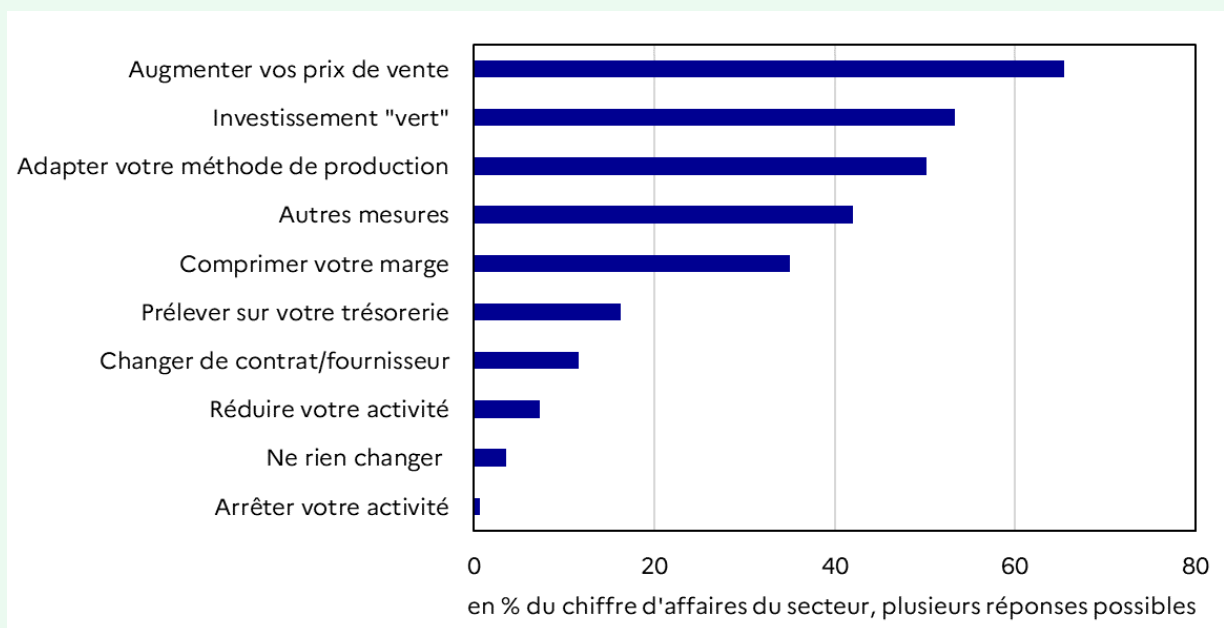
Deux études de l'INSEE soulignent que les entreprises françaises intensives en énergie auraient adapté leurs méthodes de production pour réduire leur facture d'énergie. D'une part, une grande part des entreprises industrielles interrogées indiquaient dans les enquêtes de conjoncture de novembre 2022 (cf. Graphique 11) investir et adapter leurs méthodes de production pour réduire leur facture de gaz et d'électricité ; seule une faible minorité d'entre elles envisageaient de réduire ou d'arrêter leur production⁵⁶. D'autre part, selon une étude de l'Insee basée sur des données de RTE, les entreprises industrielles françaises intensives en énergie⁵⁷ sont parvenues à diminuer leur consommation électrique de 22 % au quatrième trimestre 2022⁵⁸ ; la moitié de cette baisse se serait réalisée sans affecter la production, grâce à des comportements de sobriété ou des gains d'efficacité énergétique. Ainsi, en l'espace de moins d'un an, les entreprises intensives en énergie suivies par RTE auraient diminué leur consommation de 11 % à production constante, illustrant les capacités d'adaptation des entreprises françaises face à un choc exogène. De plus, à un niveau microéconomique, les baisses de consommation observées étaient bien plus élevées chez les entreprises qui n'avaient pas encore amélioré leur efficacité énergétique, bénéficiant probablement de coûts d'abattement plus faibles. Cependant, l'étude porte sur un nombre limité d'entreprises industrielles et s'appuie sur une mesure qualitative de l'activité économique à court terme, les enquêtes de conjoncture. Elle pourrait ainsi ignorer des effets à plus long terme de la baisse de consommation énergétique sur la production et pourrait ne pas être généralisable au reste de l'industrie.

⁵⁶ Insee (2022), « Les entreprises face à la hausse des prix de l'énergie : des situations et des réactions contrastées », Note de conjoncture de décembre 2022.

⁵⁷ Cette dénomination regroupe plusieurs branches d'activité économique : la métallurgie, l'industrie chimique, l'industrie du papier et du carton, ainsi que la fabrication de produits non métalliques, minéraux, en bois ou en caoutchouc.

⁵⁸ Relativement à la même période l'année précédente. Source : Insee (2023) « La sobriété électrique dans les industries intensives en énergie en 2022 », Note de conjoncture de juin 2023.

GRAPHIQUE 11
Réaction des entreprises industrielles face à la hausse des prix de l'énergie



Source : Insee, enquêtes de conjoncture de novembre 2022

Lecture : 53 % des entreprises interrogées sur leurs réactions face à la hausse de prix de l'électricité et du gaz prévoient de lancer des investissements verts pour diminuer leur consommation énergétique.

ENCADRÉ 4

Besoins d'investissements pour la décarbonation

L'estimation des besoins d'investissements pour la décarbonation en France est compliquée par l'hétérogénéité des méthodologies et définitions adoptées entre les études disponibles. Ces dernières donnent un ordre de grandeur des besoins d'investissements bruts supplémentaires⁵⁹ pour la décarbonation, compris entre +34 Md€/an et +86 Md€/an (entre +1,5 et +3,5 pts de PIB) en moyenne jusque 2030 et par rapport à l'historique récent, qui pourraient atteindre jusque +140 Md€/an en 2030. Le rapport Pisani-Ferry – Mahfouz les chiffre en 2030 à +100 Md€/an et à +66 Md€/an en nets des désinvestissements des actifs carbonés. Ces montants s'inscrivent dans une fourchette moyenne européenne et mondiale centrée autour de +2 à +2,5 points de PIB ; ils proviennent d'estimations à la fois *top-down*, reposant sur des modélisations macroéconomiques et *bottom-up* dont l'évaluation est basée sur des coûts granulaires sectoriels.

Selon une estimation récente présentée dans un document de travail de la DG Trésor à paraître⁶⁰, les besoins d'investissements bruts supplémentaires dans l'ensemble de l'économie (publics et privés), s'élèveraient à environ +110 Md€ par an en 2030 et jusque +63 Md€/an en surcoûts par rapport à l'alternative carbonée. Ils seraient concentrés dans les secteurs du bâtiment (+39 Md€/an), des transports (+43 Md€/an) et de l'énergie (+16 Md€/an)⁶¹. Si elle doit être considérée comme un ordre de grandeur plutôt qu'un consensus fort, notamment parce que ces montants dépendront de l'efficacité des investissements mobilisés, cette estimation permet d'alimenter les analyses macroéconomiques et la question des instruments de politique publique à mobiliser pour déclencher ces investissements, en mobilisant de manière coût-efficace le secteur privé et en limitant les effets d'aubaine. Ces montants sont dans l'ensemble cohérents avec ceux de la mission de Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz et couvrent davantage de secteurs.

Si l'État consacre des montants importants, et en hausse, à la transition, les fonds privés devront être davantage mobilisés pour l'atteinte des objectifs climatiques. Le projet de loi de finances pour 2024 enregistre une hausse inédite de +10 Md€, en engagements, des dépenses favorables à l'environnement⁶², qui s'inscrit dans le cadre des travaux de planification écologique. Dans un contexte de dépenses publiques contraintes et ciblant déjà en partie des postes de transition, les politiques publiques (notamment tarification carbone et réglementations) devront permettre de mobiliser massivement l'investissement privé. Ainsi, la Caisse des Dépôts a annoncé un financement total de 100 Md€ en faveur de la transformation écologique sur les cinq prochaines années, notamment grâce au « plan Climat Banque des territoires - Bpifrance ». Une étude de la Commission européenne⁶³ suggère que l'État français a des dépenses favorables à la transition supérieures à celles des autres pays européens ayant mis en place un système de budgétisation verte, mais les pratiques de budgétisation ne sont pas harmonisées. Comme prévu par la loi de programmation pluriannuelle des finances publiques

⁵⁹ Les investissements bruts supplémentaires correspondent à des investissements additionnels par rapport à un contrefactuel de référence, sans leur soustraire les éventuels investissements carbonés qu'ils pourraient remplacer.

⁶⁰ Gourmand L. (à paraître) « Quels besoins d'investissements pour atteindre nos objectifs de décarbonation ? », Document de travail, Direction Générale du Trésor.

⁶¹ Ces montants s'appuient sur des estimations des auteurs sur la base du premier tour technique de la SNBC-3 pour le transport routier et le résidentiel, ainsi que de la Direction générale des entreprises pour l'industrie. Elles sont complétées par une estimation des auteurs sur le coût du renouvellement forestier et, pour les secteurs restants, par une revue de littérature des besoins d'investissements associés à la trajectoire de décarbonation prévue par la SNBC-2.

⁶² Rapport 2023 sur l'impact environnemental du budget de l'État

⁶³ Bova E. (2021) "Green Budgeting Practices in the EU: A First Review", Commission européenne.

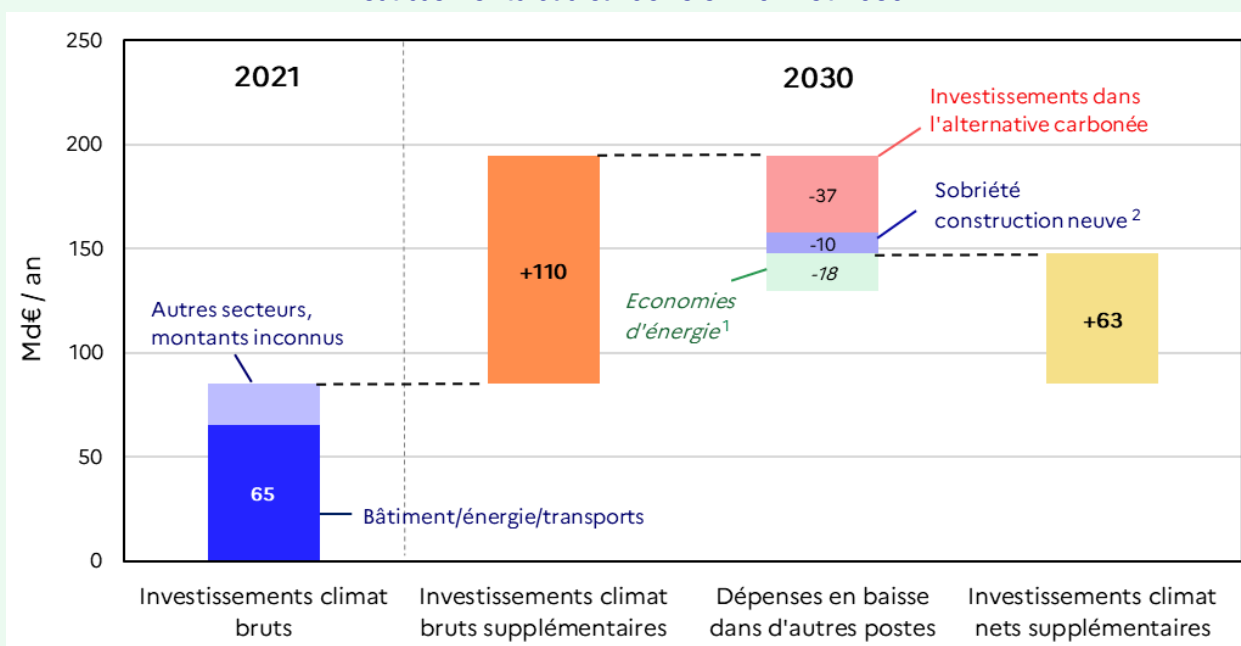
votée en 2023, une stratégie pluriannuelle des financements de la transition écologique et de la politique énergétique sera présentée en 2024 : elle permettra de dresser un panorama des principaux financements publics et privés en faveur de la transition.

TABLEAU 5
Besoins d'investissements bas-carbone supplémentaires dans l'économie (public et privé) en 2030 par rapport à 2021

	Secteur	Chiffrage Trésor	Scénario sous-jacent
Total	Brut	<u>+110 Md€/an</u>	SNBC-2 et 3
	Net	<u>+63 Md€/an</u>	
Bâtiment	Bruts	<u>+39 Md€/an</u> avec redirection vers des investissements coût-efficacients	SNBC-3
	<i>Coût de l'alternative carbonée</i>	<i>-6 Md€/an</i>	
	<i>Sobriété construction neuve</i>	<i>-10 Md€/an</i>	
	<i>Pour information : Économies énergétiques (résidentiel)</i>	<i>-10 Md€/an</i>	
Transport	Bruts	<u>+43 Md€/an</u>	SNBC-3
	<i>Coût de l'alternative carbonée</i>	<i>-31 Md€/an</i>	
	<i>Pour information : Économies énergétiques (véhicules routiers)</i>	<i>-9 Md€/an</i>	
	<i>Pour information : investissements en véhicules électriques évités par des mesures de sobriété</i>	<i>-13 Md€/an</i>	
	Énergie	<u>+16 Md€/an</u>	SNBC-2
	Industrie	<u>+5 Md€/an</u> avec Opex	SNBC-3
	Agriculture et forêt	<u>+5,5 Md€/an</u> minimum	SNBC-2 et renouvellement forestier
	Déchets	<u>+1 Md€/an</u>	SNBC-2

Source : Gourmand L. (à paraître) « Quels besoins d'investissements pour atteindre nos objectifs de décarbonation ? », Document de travail, Direction générale du Trésor.

GRAPHIQUE 12
Investissements bas-carbone en 2021 et 2030



Source : Gourmand L. (à paraître) « Quels besoins d'investissements pour atteindre nos objectifs de décarbonation ? », Document de travail, Direction générale du Trésor.

Notes : 1. Économies d'énergie par rapport à 2021 provoquées par la substitution des véhicules électriques aux véhicules thermiques (ne prend pas en compte les comportements de sobriété) ; 2. La sobriété dans la construction neuve dans le scénario AMS réduit les investissements climat en lien avec la construction neuve par rapport à 2021.

1.3.2 La transition pourrait donner lieu à des co-bénéfices

1.3.2.1 Des évolutions dans la balance commerciale, dont une réduction de la facture énergétique

La disponibilité d'énergie bas-carbone à des prix compétitifs, ainsi que des conditions favorables à l'innovation et à l'adoption de technologies bas-carbone seront des facteurs contribuant au développement des activités bas-carbone. La production d'électricité française est actuellement plus bas-carbone que celle de ses partenaires commerciaux. De plus, une récente étude de l'INSEE⁶⁴ montre qu'1 Md€ de valeur ajoutée dans l'industrie manufacturière française a une empreinte carbone moyenne inférieure de 0,3 MtCO₂ à 1 Md€ de valeur ajoutée produite à l'étranger. La France dispose aussi d'une main d'œuvre qualifiée. Cela nécessite cependant d'être davantage étudié.

Il est difficile d'anticiper les impacts de la transition pour la balance commerciale de la France. La balance commerciale représente l'écart entre la production nationale et la demande intérieure. Elle dépend ainsi de facteurs macroéconomiques cycliques et structurels (croissance économique, démographie, salaires et revenus par tête, prix de production et de consommation), et en particulier ceux liés aux politiques économiques et notamment budgétaires. Les développements dans les économies étrangères contribuent aussi aux cycles de la balance commerciale.

La transition vers la neutralité carbone influencerait sur la balance commerciale via différents canaux :

⁶⁴ Insee (2023) « Produire en France plutôt qu'à l'étranger, quelles conséquences ? » Insee Analyses n°89.

- **La réduction de notre dépendance aux énergies fossiles redresserait, en équilibre partiel, notre solde commercial.** La facture nette des échanges énergétiques de la France s'élevait ainsi à 45 Md€ en 2021. En 2022, elle a atteint exceptionnellement 116 Md€⁶⁵ sous l'effet combiné de la réduction de la production des centrales nucléaires et du renchérissement du prix du gaz et des carburants. Atteindre la neutralité carbone en 2050 implique de réduire drastiquement ces importations énergétiques fossiles et par extension le prélèvement extérieur qu'elles représentent pour la France⁶⁶. Ainsi, la consommation d'énergie française issue des combustibles fossiles importés pourrait diminuer de 40 % d'ici 2030⁶⁷. Des incertitudes demeurent cependant à long terme sur la direction et le volume des échanges en énergies bas-carbone (électricité, hydrogène).
- **Les intrants critiques ⁶⁸ pour la mise en œuvre de la transition devront être majoritairement importés ; le prélèvement extérieur associé serait fortement réduit par le développement de filières nationales de transformation et de recyclage.** Une étude publiée en 2022⁶⁹ estime les besoins en ressources minérales importées pour la mise en œuvre de la SNBC-2 (2020) selon deux scénarios, différenciés par le développement ou non de filières de réemploi et de recyclage, ainsi que le développement de technologies bas-carbone. Dans le cas d'une réindustrialisation circulaire, les métaux et minéraux critiques pour la transition seraient importés mais aussi réemployés et recyclés ; la dépendance française à l'importation de ces produits serait réduite de 76 % en 2050, relativement au scénario pessimiste où elle serait supérieure à 6 Md€ par an. Ce scénario repose cependant sur des trajectoires de prix qui pourraient être fortement sous-estimées en cas de goulot d'étranglement sur l'approvisionnement des matériaux. Les auteurs indiquent que ce risque est particulièrement important pour certains minéraux critiques comme le cuivre, le cobalt et le lithium, la France possédant des réserves pour ce dernier. Une étude du CGDD (2023) ⁷⁰ souligne également l'importance du développement de filières de recyclage pour compléter les importations de matières minérales critiques, mais aussi de filières de transformation, aujourd'hui très concentrées géographiquement.
- **Les échanges liés aux technologies bas-carbone vont croître, tandis que ceux liés aux technologies carbonées devraient progressivement diminuer.** Les effets sur l'activité locale et sur la balance commerciale française dépendront des politiques climatiques en place en France et à l'étranger, ainsi que du niveau de développement de filières industrielles bas-carbone nationales.
- **Un écart de tarification du carbone vis-à-vis de l'étranger présente le risque de fuites de carbone, c'est-à-dire une augmentation des émissions dans les pays tiers⁷¹.** Le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union européenne, mis en œuvre progressivement depuis octobre 2023, vise ainsi à compenser la divergence entre le

⁶⁵ SDES (2023), « Chiffres clés de l'énergie ».

⁶⁶ Selon l'évolution comparée de l'offre et de la demande d'énergie fossile, l'effet des moindres volumes importés sur la balance commerciale pourrait être en partie compensé par une augmentation du prix des importations énergétiques résiduelles.

⁶⁷ Projection issue de modélisations provisoires de la SNBC-3 (run 2).

⁶⁸ La Banque de France et le NGFS identifient 27 matériaux particulièrement importants pour la transition, dont le total de consommation devra être multiplié par 7 d'ici 2050 pour atteindre la neutralité carbone. Miller et al. (2023) "The Stumbling Block in 'the Race of our Lives': Transition-Critical Materials, Financial Risks and the NGFS Climate Scenarios", Working Paper Banque de France.

⁶⁹ Ledoux, E., Chardon, A. (2022), « Stratégie nationale bas-carbone sous contrainte de ressources – Une approche intégrée de la transition bas-carbone circulaire » - Rapport final. INEC, Capgemini Invent.

⁷⁰ CGDD (2023) « Les ressources minérales critiques pour les énergies bas-carbone Chaînes de valeur, risques et politiques publiques », partie II.

⁷¹ L'Heudé, W., Chailloux M. et X. Jardi (2021) « Un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union européenne », Trésor-Éco n°280, Direction Générale du Trésor.

niveau de tarification⁷² carbone européen et celui des pays tiers dans un cadre compatible avec les règles du commerce international (cf. Encadré 6 du Chapitre 2).

- **L'exemple de l'objectif de remplacement d'un million de chaudières à gaz par des pompes à chaleur (PAC) françaises illustre en équilibre partiel l'effet de la transition sur la balance commerciale française** : l'effet net sur le solde commercial est une conséquence directe de la part de la valeur ajoutée française dans la production de ces PAC. Ce remplacement influe sur la balance commerciale *via* deux canaux, la production des PAC, puis leur utilisation en remplacement des chaudières à gaz. Ce second canal a un effet clairement bénéfique sur la balance commerciale en équilibre partiel : le gaz importé nécessaire au fonctionnement des chaudières est remplacé par de l'électricité et l'efficacité énergétique de la PAC est de l'ordre de trois fois supérieure à celle d'une chaudière à gaz. Même sous l'hypothèse la plus pessimiste selon laquelle ces besoins électriques supplémentaires seraient entièrement couverts par des importations, en raison de capacités productives nationales contraintes, la balance commerciale française énergétique se redresserait de 2 Md€ grâce à cette substitution énergétique. La production de ces PAC a, en revanche, un effet incertain conditionné par la part de la valeur ajoutée française dans la production nationale de PAC, le reste étant constitué d'intrants importés (cf. Tableau 6). Si plus de 55 % de la valeur de ces PAC est produite en France, l'opération complète de remplacement des chaudières à gaz a un effet net positif sur la balance commerciale en équilibre partiel ; dans le cas contraire cette dernière se dégrade⁷³. La mise en place de crédits d'impôts au titre des investissements en faveur de l'industrie verte, votée dans le projet de loi de finances 2024, qui concernent en particulier les pompes à chaleur, visent à augmenter la production française. Cependant, cet exemple à vocation illustrative ne repose sur aucun bouclage macroéconomique et comprend de nombreuses hypothèses de calcul. La deuxième partie de ce rapport, prévue pour la fin de l'année 2024, comprendra des études de cas plus approfondies.

⁷² Un écart de norme ou de réglementation pourrait également entraîner des fuites de carbone en théorie. Les études se concentrent néanmoins sur l'étude des fuites de carbone issue de la tarification du carbone.

⁷³ Ce résultat repose toujours sous l'hypothèse pessimiste que les besoins électriques additionnels ne pourraient pas être couverts par une augmentation de la production nationale.

TABLEAU 6

Impact en équilibre partiel sur la balance commerciale du remplacement d'un million de chaudières à gaz par un million de pompes à chaleur (PAC) produites en France

Effet net sur la balance commerciale (en Md€)	Part de la valeur ajoutée française dans la production des PAC	
	Scénario 1 : 45%	Scénario 2 : 85%
Importation de la part des PAC non produite en France	-3,3	-0,9
Moindres importations de chaudières à gaz	0,4	0,4
Moindres importations de gaz pour l'alimentation des chaudières à gaz*	5,5	5,5
Total - sous l'hypothèse que l'électricité alimentant les PAC est produite localement	2,6	5,0
Importations supplémentaires d'électricité produite à base de gaz*	-3,3	-3,3
Total - sous l'hypothèse que l'électricité alimentant les PAC est importée	-0,7	1,7

Source : Calculs DG Trésor.

Note : cette analyse néglige tout bouclage macroéconomique, ainsi que toute taxation des biens importés ; elle vise à illustrer les mécanismes économiques par des ordres de grandeur.

Les hypothèses retenues pour les prix hors commercialisation et installation (qui ne doivent pas être pris en compte pour une analyse sur la balance commerciale) sont 6 000 € pour une pompe à chaleur et 2 500 € pour une chaudière à gaz.

* Ces deux effets sur la balance commerciale, liés à la consommation des installations de chauffage tout au long de leur fonctionnement, courent sur l'ensemble de la durée de vie des installations de chauffage et sont donc actualisés au taux socio-économique des grands projets d'investissement publics de 4,5 %.

La transition écologique a donné lieu à de nouvelles dépendances aux ressources critiques pouvant avoir des incidences sur l'activité ou le développement de certaines filières, telles que les voitures électriques, les panneaux photovoltaïques et les éoliennes. Dans un contexte caractérisé par une forte concentration géographique des ressources minières et de la production de métaux raffinés ainsi qu'une hausse prononcée de la demande mondiale, les risques de dépendance paraissent particulièrement importants pour les pays européens moins pourvus en ressources minières. Les chaînes de valeur de ces matériaux, plus longues et complexes que pour les énergies fossiles, constituent un facteur de vulnérabilité supplémentaire⁷⁴. Il est encore très difficile de comparer la concentration et la centralité des énergies fossiles à celles des intrants critiques de la transition.

1.3.2.2 Une potentielle réduction de certains risques sanitaires

Si elle est bien conduite, la transition vers la neutralité carbone pourrait améliorer plusieurs dimensions du bien-être, notamment en santé. Au-delà de l'objectif principal de lutter contre le changement climatique, la transition vers la neutralité carbone et les politiques associées auront des effets positifs ou négatifs sur d'autres dimensions participant au bien-être, en particulier la santé. Les co-bénéfices décrivent ces effets positifs, et les antagonismes les effets négatifs.

La transition vers la neutralité carbone a le potentiel d'améliorer la qualité de l'air. La pollution de l'air générée par le chauffage, les transports, l'industrie, la production d'énergie, et

⁷⁴ CGDD (2023) « Les ressources minérales critiques pour les énergies bas-carbone Chaînes de valeur, risques et politiques publiques », partie II.

l'agriculture, causerait en France une mortalité prématurée de 48 à 67 000 personnes par an, pour des coûts sanitaires estimés à au moins 1 % du PIB (hors valorisation monétaire de la vie statistique, VVS)⁷⁵. La pollution de l'air aurait aussi un impact néfaste sur la productivité du travail⁷⁶. Dans les scénarios « Fit for 55 »⁷⁷ de décarbonation de l'énergie, du chauffage et des transports modélisés par la Commission Européenne, les émissions de particules fines (PM 2.5) baisseraient de 40 % en 2030 relativement à 2015, permettant une baisse de la même ampleur du nombre de morts prématurées, soit environ 17 000 décès par an.

Autre exemple de potentiel co-bénéfice sanitaire, la transition des transports repose sur une hausse des transports actifs et notamment de la pratique du vélo, qui réduirait la sédentarité. 32 % des adultes français sont trop sédentaires au sens des recommandations de l'OMS. La sédentarité augmente l'occurrence de maladies graves comme les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2, le cancer du sein ou du colon et la démence⁷⁸. La sédentarité joue notamment un rôle incontestable dans la prévalence de l'obésité, dont le coût social est estimé à au moins 1 % du PIB en 2012 (hors VVS)⁷⁹. Les scénarios de décarbonation des transports présentés par le SGPE⁸⁰ prévoient un triplement de l'usage quotidien du vélo à horizon 2030. Barban *et al.* (2022)⁸¹ estiment qu'à horizon 2050, une multiplication par 7 des distances parcourues à vélo éviterait 7 500 décès par an.

La rénovation énergétique des logements des plus modestes réduirait les pathologies associées à la précarité énergétique. Les logements inefficaces énergétiquement sont associés à des pathologies cardiaques et respiratoires qui entraîneraient 2 200 décès prématurés chaque année⁸² et des coûts de soin importants en France. Ezratty *et al.* (2018)⁸³ estiment que la rénovation totale des logements inefficaces occupés par les ménages les plus modestes (trois 1^{ers} déciles de revenu) éviterait la quasi-totalité de la mortalité et des coûts médicaux associés à la précarité énergétique.

1.3.3 Concevoir des politiques de transition socialement acceptables et économiquement soutenables

L'atteinte de la neutralité carbone nécessite une transformation fondamentale de la manière de produire et de consommer, qui devra être orientée et guidée par une mobilisation sans précédent des politiques publiques. C'est la conclusion de la mission conduite par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz⁸⁴ : la transition vers la neutralité carbone nécessite une forte implication des politiques publiques. Les instruments de politique publique à mobiliser auront notamment pour but de déclencher les investissements nécessaires à la transition vers la neutralité carbone (cf. Encadré 4) en mobilisant le secteur privé, qui jouera un rôle clé dans l'atteinte des objectifs climatiques.

⁷⁵ Bivas A. *et al.* (2020) « Le rôle des instruments économiques dans la lutte contre la pollution de l'air », Trésor Éco n°256, Direction Générale du Trésor.

⁷⁶ Kogel (2022) "[The impact of air pollution on labour productivity in France](#)", FAERE Working Paper.

⁷⁷ [Policy scenarios for delivering the European Green Deal](#); modélisation avec le modèle GAINS.

⁷⁸ Jean K. et P. Quirion (2022) « [Marche, vélo : les gains sanitaires et économiques du développement des transports actifs en France](#) ».

⁷⁹ Caby D. (2016) « Obésité : quelles conséquences pour l'économie et comment les limiter ? », Trésor Éco n°179, Direction Générale du Trésor.

⁸⁰ La [Planification écologique](#), SGPE, Septembre 2023.

⁸¹ Barban, P., De Nazelle, A., Chatelin, S., Quirion, P. et K. Jean (2022) « Assessing the health benefits of physical activity due to active commuting in a French energy transition scenario ». *International Journal of Public Health*.

⁸² France Stratégie (2022), « L'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public »

⁸³ Ezratty, V., Ormandy, D., Laurent, M. H., Boutière, F., Duburcq, A., Courouve, L., et P. A. Cabanes (2018) « Évaluation des coûts et des bénéfices pour la santé de la rénovation énergétique en France », *Environnement, Risques et Santé*.

⁸⁴ Pisani-Ferry J. et Mahfouz S. (2023) « Les incidences économiques de l'action pour le climat », rapport France Stratégie.

Toutefois, au-delà du seul respect des engagements climatiques et environnementaux, la transition vers la neutralité carbone s'inscrit au sein d'un ensemble d'objectifs de politiques publiques socio-économiques, dont le respect conditionnera également la faisabilité de la transition. Tout d'abord, la stabilité macroéconomique et financière sera une condition nécessaire à une transition réussie. Dans un contexte de finances publiques contraintes, le partage de l'effort entre les secteurs public et privé en sera un paramètre clé. Il sera guidé par la combinaison d'instruments de politiques publiques mobilisée : les investissements publics directs et les subventions augmenteront l'effort des administrations publiques, là où les normes et taxes (dont une tarification carbone) feraient davantage porter l'effort direct sur le secteur privé. La stabilité macroéconomique et financière découlera également de la mise en place de politiques efficaces et prévisibles, réduisant le surcoût net de la transition. D'autre part, alors même que les ménages les plus modestes sont spontanément plus affectés par la transition (cf. Section 2.5)⁸⁵, celle-ci ne sera effective que si elle est acceptable socialement. En effet, leurs dépenses, notamment énergétiques, représentent une part plus importante de leurs revenus et les contraintes financières auxquelles ils font face limitent leur marge de manœuvre. Enfin, l'importance des objectifs de sobriété énergétique est renforcée par les tensions sur le bouclage et la sécurité d'approvisionnement en énergie.

1.3.4 Une adaptation au changement climatique nécessaire

Y compris dans un contexte de décarbonation réussie, une stratégie d'adaptation est nécessaire pour pallier les conséquences croissantes du changement climatique. Le climat va continuer à se réchauffer, et ce, jusqu'à ce que la neutralité carbone soit atteinte. Ainsi, tous les scénarios d'émissions présentés dans le 6^e rapport de synthèse du GIEC comprennent un réchauffement dépassant +1,5°C au niveau mondial, pour la période 2041-2060,⁸⁶ ce qui correspondrait à un réchauffement de +2°C en France hexagonale (cf. Section 1.1.1). Les impacts du changement climatique vont continuer à s'aggraver au fur et à mesure du réchauffement mondial, chaque fraction de réchauffement ayant un effet significatif.

Les évaluations des coûts que générerait le changement climatique si rien n'était fait pour s'y préparer (dommages directs aux infrastructures et aux équipements, manques à gagner pour les entreprises, conséquences socio-économiques, etc., cf. Section 1.1.2) **témoignent des besoins d'adaptation associés au changement climatique.** Les études concluent que l'absence d'adaptation est l'option la plus coûteuse, même si ce consensus cache une très grande hétérogénéité d'actions d'anticipation possibles⁸⁷.

Au niveau mondial, même si les risques sont identifiés et les conséquences du changement climatique se font déjà ressentir pour certains secteurs particulièrement exposés (agroalimentaire, tourisme, etc.), peu d'acteurs économiques sont engagés dans la définition d'une stratégie d'adaptation et d'anticipation. Les enjeux sont majoritairement appréhendés de manière réactive, en fonction des aléas climatiques, et l'horizon usuellement considéré de 2100, voire 2050, est jugé trop lointain pour intégrer de façon systématique le climat futur dans les décisions.

La démarche d'adaptation vise à limiter les impacts du changement climatique et les dommages associés sur les activités socio-économiques et sur la nature : enclenchée en France à la fin des années 1990, elle est complémentaire des actions d'atténuation et a pour objectif d'anticiper et

⁸⁵ Douenne, T. (2020) « The vertical and horizontal distributive effects of energy taxes: A case study of a French policy », *The Energy Journal*.

⁸⁶ GIEC (2021) "Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change".

⁸⁷ I4CE (2022) « Se donner les moyens de s'adapter aux conséquences du changement climatique en France : de combien parle-t-on ? ».

de limiter les impacts à attendre du changement climatique, comme par exemple l'urbanisation des zones à risques, mais aussi de profiter des opportunités potentielles⁸⁸. La France a adopté une stratégie nationale d'adaptation au changement climatique en 2006, traduite en plans d'adaptation à partir de 2011. Les Plans nationaux d'adaptation au changement climatique (PNACC) présentent des mesures concrètes et opérationnelles d'adaptation, pour tous les secteurs d'activité (actions transversales, eau, santé, forêt, pêche etc.).

Le troisième PNACC, établi sous l'égide du MTECT, devrait être présenté en 2024 : il s'appuiera pour la première fois sur une trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC). Cette trajectoire inclut un réchauffement mondial de 1,5°C en 2030, 2°C en 2050 et 3°C en 2100 par rapport à l'ère préindustrielle (2°C, 2,7°C et 4°C en France, respectivement, cf. Section 1.1.1). Elle permet à l'ensemble des acteurs de mener des études de vulnérabilité, afin d'élaborer des plans d'adaptation dans chaque secteur. Le troisième PNACC précisera également les leviers opérationnels des objectifs d'adaptation, pour chaque catégorie d'acteurs. Le secteur assurantiel, en particulier, fait face à de nombreuses difficultés liées à la fréquence et l'intensité accrues des événements climatiques extrêmes et fait l'objet d'un plan d'action spécifique (cf. Encadré 5).

ENCADRÉ 5

Les enjeux assurantiels de l'adaptation au changement climatique

Le secteur assurantiel est particulièrement sensible aux effets du changement climatique en tant qu'acteur de la protection face aux risques et de l'indemnisation des dommages résultant d'aléas climatiques. Au niveau mondial, le réassureur Swiss Re estime à 275 milliards de dollars les pertes économiques associées à des événements climatiques extrêmes en 2022, dont 45 % sont couverts par l'assurance. En France, les coûts d'indemnisation de dommages liés à des aléas climatiques s'élevaient à 10,6 milliards d'euros en 2022, soit 0,4 % du PIB (*France Assureurs*), sous l'effet conjugué de phénomènes intenses de grêle et d'une sécheresse d'ampleur inédite depuis 40 ans.

Les travaux réalisés par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) sur les conséquences du changement climatique sur le coût des catastrophes naturelles en France à horizon 2050 concluent à une hausse attendue de la sinistralité climatique comprise entre 47 % (scénario RCP4.5) et 85 % (scénario RCP8.5), en tenant compte de l'effet du climat et de l'impact de l'accroissement des valeurs assurées. Cette étude met en évidence une dérive constatée de la sinistralité climatique depuis le début des années 2000, avec une augmentation du niveau des dommages annuels particulièrement marquée du fait de la sécheresse géotechnique, c'est-à-dire la sécheresse liée à la présence de sols argileux.

Le dérèglement climatique se traduirait par un coût de dommages annuels moyens supérieur à 3 milliards d'euros à l'horizon 2050, au titre du seul régime d'indemnisation des catastrophes naturelles et quel que soit le scénario RCP du GIEC retenu.

Dans ce contexte, les investissements d'adaptation constituent un moyen permettant de réduire la sinistralité climatique. Compte tenu de l'importance des coûts actuels et projetés, le risque associé au phénomène de retrait-gonflement des argiles, qui concerne environ 10 millions d'habitations individuelles en France, est prépondérant en matière de besoins d'adaptation. Néanmoins, des efforts d'adaptation sont également à prévoir pour réduire l'exposition significative du territoire aux risques d'inondation, de submersion marine, de sécheresse

⁸⁸ [Communications](#) du Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires sur le cadrage des politiques nationales.

pluriannuelle agricole, d'orages grêligènes et aux risques spécifiques aux territoires ultra-marins (cyclones).

Des leviers tarifaires (modulation des franchises et primes) et non-tarifaires (sensibilisation et acculturation au risque des assurés, système d'alerte) peuvent être mobilisés par le secteur assurantiel pour orienter les efforts d'adaptation individuels en faveur de la protection et de la prévention face à ces risques. Par ailleurs, le secteur assurantiel intervient dans le cadre d'initiatives de place (à titre d'exemple, « l'initiative sécheresse » annoncé par la CCR, MRN et France Assureurs en septembre 2023) et à travers une contribution au fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), créé par la loi du février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement et alimenté jusqu'en 2020 par un prélèvement de 12 % sur le produit de la surprime Catastrophes Naturelles. Au cours de la décennie écoulée, le FPRNM a financé chaque année en moyenne 770 opérations pour un montant de 175 M€ sur l'ensemble du territoire français, avec une dynamique d'engagement des financements qui s'est progressivement accrue ces dernières années pour dépasser 200 M€.

Dans ce contexte, une mission gouvernementale lancée mi-2023 a été confiée à trois experts du secteur de l'assurance, du climat et de la prévention pour réfléchir aux évolutions du système assurantiel français face aux enjeux posés par le changement climatique et élaborer des recommandations pour renforcer le rôle de l'assurance dans le financement de l'adaptation.

2 Les principes d'une intervention publique efficace et équitable pour atteindre la neutralité carbone

Messages clés

La transition vers la neutralité carbone nécessite de mobiliser un ensemble de leviers complémentaires, combinant technologies et changements de modes de consommation.

- La stratégie nationale bas-carbone (SNBC) s'appuie sur six leviers pour décarboner l'économie française : la décarbonation des vecteurs énergétiques, l'efficacité et la sobriété énergétiques, l'efficacité « carbone » des procédés industriels et agricoles, les changements de mode de consommation, et la séquestration de carbone (*via* les puits de carbone naturels et les procédés industriels). L'atteinte de la neutralité carbone en 2050 nécessite la mobilisation de l'ensemble des leviers de décarbonation.

Dans un contexte où les coûts et bénéfices associés aux différentes actions de décarbonation sont hétérogènes et difficilement observables par la puissance publique, donner un prix uniforme au carbone constitue un outil puissant pour décarboner l'économie à moindre coût.

- Les actions de décarbonation correspondant aux différents leviers de la transition ont des coûts et des bénéfices hétérogènes, de différentes natures, incertains, et complexes à mesurer. Par exemple, une partie des émissions du secteur de l'industrie proviennent de procédés divers spécifiques à chaque produit. Les coûts et les technologies de décarbonation varient fortement à la fois entre les différentes activités, et d'un site industriel à l'autre. Dans un contexte d'information imparfaite, donner un prix au carbone incite les différents acteurs économiques à déclencher toutes les actions de décarbonation qui ont un coût privé inférieur au prix du carbone, sans que la puissance publique ait besoin de connaître les coûts privés des différents acteurs.
- Donner un prix au carbone réduit les émissions de gaz à effet de serre à court terme, et plus encore à long terme, en incitant à un changement structurel de l'offre et la demande en biens et services carbonés et bas-carbone.
- En France, 71 % des émissions de gaz à effet de serre sont couvertes par une tarification effective nette des subventions aux énergies fossiles, à un niveau moyen de 83 €/tCO₂éq. Dans le monde, la tarification effective nette moyenne couvre 41 % des émissions et s'élève à 17 €/tCO₂éq. Les deux principaux instruments de tarification du carbone en France sont le marché du carbone européen (dont l'ambition climatique est renforcée par le paquet « Fit for 55 »), et l'accise sur les énergies (qui regroupe les anciennes taxes intérieures sur la consommation nationale des différents produits énergétiques), dont la « composante carbone ». Ce niveau moyen de tarification effective masque toutefois une forte hétérogénéité de tarification entre secteurs et agents économiques.

Le seul prix du carbone ne suffirait pas à assurer une décarbonation à moindre coût en raison de l'existence de défaillances de marché en sus de l'externalité climatique, d'où la nécessité d'instruments complémentaires, notamment pour stimuler l'innovation bas-carbone et limiter les fuites de carbone.

- L'innovation bas-carbone est cruciale pour développer les technologies bas-carbone et réduire leurs coûts, et doit surmonter au moins quatre défis en sus de l'externalité climatique : les externalités de connaissance, la dépendance au sentier, un horizon temporel parfois long associé à un niveau de risque élevé, et un besoin de coordination dans un contexte d'urgence climatique. Ces défis peuvent nécessiter un soutien public pour être relevés, comme par exemple le prévoit le plan France 2030.
- Une divergence de tarification du carbone entre pays fait peser le risque de fuites de carbone. C'est pourquoi l'UE met actuellement en place un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) afin de surmonter cette difficulté dans un cadre compatible avec les règles du commerce international, et renforcer l'efficacité de sa politique climatique.

Afin d'assurer une intervention publique efficace et équitable pour atteindre la neutralité carbone, il est utile d'analyser les différents instruments de politique publique selon les critères suivants : efficacité environnementale, efficacité économique, et effets redistributifs.

- L'efficacité environnementale consiste à associer à un instrument ou une combinaison d'instruments une réduction quantifiée d'émissions de GES. L'efficacité économique implique de mesurer les coûts et bénéfices économiques associés aux instruments considérés, que l'on peut ensuite mettre en regard de l'efficacité environnementale (coût-efficacité, notamment par la mesure des coûts d'abattement). L'analyse des effets redistributifs s'intéresse à la manière dont ces différents coûts et bénéfices sont répartis dans la société.
- La tarification du carbone, par exemple, se caractérise par une efficacité environnementale et une efficacité économique élevées, mais des effets régressifs importants en l'absence de mesure d'accompagnement. Ces effets régressifs doivent être nuancés en fonction de l'utilisation qui est faite des recettes de la tarification carbone.
- Le budget vert met en regard les ressources publiques environnementales, incluant les recettes de la tarification du carbone, et les coûts des différentes mesures favorables à la transition écologique. Ainsi, les recettes environnementales attendues par l'État en 2024 (26 Md€) seraient inférieures aux dépenses de l'État en faveur de la transition écologique (environ 40 Md€).

La planification écologique vise à assurer la cohérence et l'efficacité d'une action publique d'ampleur s'appuyant sur une pluralité d'instruments, impliquant de nombreux acteurs, et s'inscrivant dans le temps long.

- Comprise comme une organisation de l'action publique et privée sur le temps long pour atteindre des objectifs de réduction d'émissions, la démarche de planification écologique, mise en œuvre en France sous l'autorité de la Première ministre, vise à mettre en cohérence les leviers sectoriels de décarbonation avec les contraintes transversales tels que les contraintes physiques sur la biomasse ou la production d'électricité bas carbone. Le besoin de planification est également évident pour les enjeux de long terme liés aux infrastructures, tels que l'avenir des réseaux de gaz, ou de dimensionnement d'infrastructures de transport d'hydrogène ou de transport et stockage de CO₂. La planification écologique englobe également les enjeux hors décarbonation, notamment la préservation des ressources et de la biodiversité, l'adaptation et la santé.
- La démarche de planification écologique menée par la France n'est pas antinomique avec les mécanismes de marché. L'approche adoptée dans le présent rapport consiste à éclairer les domaines de pertinence des instruments de marché, et ceux où une approche plus globale semble nécessaire de manière complémentaire voire alternative, en s'appuyant sur l'identification et l'analyse des défaillances de marché.

- Les coûts d'abattement sont des indicateurs utiles à l'évaluation des politiques climatiques : en indiquant le montant des surcoûts et bénéfiques, en euros, d'une action de décarbonation associés à l'évitement d'une tonne de gaz à effet de serre, ils permettent de comparer l'efficacité de différentes actions de décarbonation. Pour guider l'action publique, leur connaissance doit être améliorée et ils doivent être intégrés dans une grille d'analyse plus large. Ce rapport propose une telle grille d'analyse des politiques de décarbonation – dite ABCDE – qui intègre les coûts et le potentiel d'abattement (A) et d'autres facteurs essentiels à prendre en compte : enjeux de bouclage énergétique (B), cohérence entre les instruments (C), effet déclencheur des politiques publiques (D) et effets indirects, par exemple sur la santé ou la balance commerciale (E).

Si la combinaison d'instruments choisie détermine *in fine* les coûts de la décarbonation et leur partage entre les différents agents économiques, disposer d'une vision complète de la distribution des coûts des politiques de transition est un exercice particulièrement difficile.

- Deux difficultés apparaissent pour qui souhaite connaître la répartition des coûts parmi les différents acteurs : (1) les coûts associés aux actions de décarbonation sont hétérogènes et mal connus ; (2) les coûts supportés par un agent sont en partie répercutés sur d'autres agents selon des canaux de transmission complexes et parfois difficiles à mesurer.
- La complexité augmente à mesure que la palette d'instruments mobilisés s'accroît, avec les interactions à prendre en compte entre les différents instruments.

Les politiques de transition affectent les ménages de manière différenciée selon leur situation, ce qui justifie la mise en place de politiques d'accompagnement ciblées, et notamment en direction des ménages aux revenus modestes fortement contraints par leur situation (e.g. dépendance à la voiture du fait de leur localisation, ou possédant une chaudière au fioul ou au gaz fossile).

- Une taxe carbone représente un coût direct plus important pour les ménages modestes en proportion de leurs revenus, car ils en consacrent une part plus grande à la consommation de biens intensifs en émissions, en particulier au chauffage et au transport. D'autres sources d'hétérogénéité (e.g. type d'équipement, lieu d'habitation), au-delà du revenu, jouent également un rôle important, et les différences d'exposition sont souvent plus prononcées au sein d'un même décile de revenus qu'entre déciles.
- Certaines réglementations et interdictions auraient également des effets régressifs. Plusieurs dispositifs ciblés sont ainsi mis en œuvre en France afin d'alléger le coût de la transition pour les ménages aux revenus modestes (e.g. MaPrimeRénov', la majoration du bonus automobile, la prime à la conversion pour les véhicules, ou encore le futur dispositif de leasing social pour les véhicules électriques).
- L'accompagnement des ménages dans la transition doit cependant être apprécié dans son ensemble : au-delà des mesures d'accompagnement directes (e.g. subvention pour la rénovation thermique), l'accompagnement peut être indirect, via la politique sociale considérée dans sa globalité. L'important *in fine* est de s'assurer du bon fonctionnement du système socio-fiscal dans son ensemble, pour qu'il assure un niveau de protection suffisant aux ménages modestes, tout en évitant d'alimenter des trappes à inactivité (combinaison d'aides désincitant à l'activité) ou des « trappes à pollution » (combinaison d'aides n'incitant pas assez les ménages à réduire leurs émissions).

2.1 La transition bas-carbone associe leviers technologiques et sobriété des usages

Les trois principaux leviers de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) issues de la consommation d'énergie sont la décarbonation des vecteurs énergétiques, l'efficacité et la sobriété énergétiques. La décarbonation des vecteurs énergétiques consiste essentiellement à substituer aux énergies fossiles des sources d'énergies bas-carbone (e.g. remplacement d'une chaudière au fioul par une pompe à chaleur s'appuyant sur une production d'électricité bas-carbone). L'efficacité énergétique consiste à produire les mêmes services énergétiques avec moins d'énergie (e.g. isolation thermique d'un bâtiment). Par opposition, la sobriété énergétique consiste à réduire la consommation de service énergétique (e.g. réduire la température de chauffage d'un bâtiment).

Pour les émissions de GES non issues de la consommation d'énergie, principalement causées par les procédés industriels et l'agriculture, les deux leviers de décarbonation sont l'efficacité « carbone » et les changements de modes de consommation, dont la sobriété. Le levier de l'efficacité « carbone » implique une évolution du mode de production considéré. Un exemple dans le secteur agricole, où les émissions sont majoritairement non énergétiques, consiste à utiliser les engrais minéraux les moins émissifs, ou encore à limiter la fermentation entérique via des ajustements de l'alimentation animale, comme l'apport de lin⁸⁹. Dans l'industrie, un exemple est l'incorporation d'argiles calcinées à la place du clinker dans la production du ciment, qui réduit les émissions de façon importante.

Enfin, l'augmentation ou la préservation des puits de carbone contribue à réduire ou stabiliser les émissions nettes, notamment via la sobriété foncière. Les puits de carbone renvoient à la capacité du territoire à stocker du carbone dans la forêt, dans les sols, dans les produits bois, ou via des procédés industriels. L'augmentation ou la préservation des puits de carbone naturel, passe par la limitation de l'artificialisation des terres, le renforcement du stock de carbone des sols agricoles, et l'amélioration de la gestion forestière et des filières biosourcés. L'enjeu lié à la forêt est d'autant plus important que le puits de carbone forestier tend à se dégrader à mesure que le climat se réchauffe ; les sécheresses, maladies et tempêtes ont entraîné une forte diminution des capacités de capture du CO₂ par la forêt ces dernières années, de 65 à 27 Mt CO₂éq par an entre 2005 et 2021, soit une réduction d'environ 60 % en 16 ans⁹⁰. Enfin, les technologies de capture, stockage et utilisation du carbone (*Carbon Capture, Usage and Storage* – CCUS en anglais) peuvent compléter les puits naturels via une capture et une séquestration anthropiques du carbone, en fonction du potentiel disponible⁹¹. La France développe ainsi une stratégie CCUS, destinée à être intégrée à la planification écologique et dont la publication est attendue pour le début de l'année 2024.

L'atteinte de la neutralité carbone en 2050 nécessite la mobilisation de l'ensemble de ces leviers de décarbonation, dont la sobriété.

⁸⁹ Deuxième stratégie nationale bas-carbone p. 100.

⁹⁰ Citepa, inventaire 2023 – format Secten.

⁹¹ Deuxième stratégie nationale bas-carbone p. 13.

ENCADRÉ 1

Combiner leviers technologiques et sobriété des usages : l'exemple de la décarbonation des transports

Dans sa synthèse présentée en juillet 2023⁹², le Secrétariat général à la planification écologique donne les premières orientations retenues pour la transition de la France vers la neutralité carbone dans les prochaines années, avec un chiffrage provisoire des réductions d'émissions susceptible d'être révisé ultérieurement. Concernant le secteur des transports, pour lequel la cible de réduction d'émissions envisagée pour 2030 est de 28 % par rapport à 2022 (-36 Mt CO₂éq), le plan consiste en une mobilisation simultanée de trois leviers de décarbonation :

- **Décarbonation des énergies utilisées dans les transports.** Cette décarbonation passe en particulier par l'électrification des véhicules (11 Mt CO₂éq sur les 36 Mt CO₂éq de réduction visées), le recours aux bio-carburants (-3 Mt CO₂éq) et aux carburants d'aviation durables (-2Mt CO₂éq).
- **Amélioration de l'efficacité énergétique des transports.** L'efficacité énergétique des aéronefs doit en particulier contribuer à une réduction des émissions du secteur de 3 Mt CO₂éq en 2030.
- **Réduction de la demande en transports.** Elle passe notamment par l'augmentation du télétravail et le développement d'un tourisme plus local. Au total, la réduction des déplacements doit contribuer à une réduction de 3 Mt CO₂éq en 2030.

En outre, certaines actions de décarbonation envisagées dans le plan relèvent potentiellement de plusieurs leviers. C'est le cas du report modal, qui doit générer 5 Mt CO₂éq en moins en 2030, du covoiturage (-3 Mt CO₂éq), ou encore des véhicules particuliers sobres et légers (-3 Mt CO₂éq). Le report modal peut ainsi relever de la décarbonation des énergies utilisées (e.g. passage d'une voiture à moteur thermique au vélo), de l'amélioration de l'efficacité énergétique (e.g. passage d'une voiture à moteur thermique à un bus ou un train à moteur thermique, dans la mesure où ces derniers ont un taux de remplissage suffisant), et également de la sobriété (e.g. un report modal qui conduirait à une augmentation du temps de trajet, donc à une réduction de la qualité du service de transport, la sobriété étant définie ici comme une diminution de la quantité ou de la qualité du service rendu).

Les actions de décarbonation correspondant aux différents leviers de la transition ont des coûts et des bénéfices associés hétérogènes, de différentes natures, incertains, et encore mal connus. Ce sont ici quelques-uns des enseignements de la commission Criqui sur les coûts d'abattement des émissions de gaz à effet de serre, créée en septembre 2019 et présidée par Patrick Criqui. Cette dernière introduit le concept de coût d'abattement socio-économique qui prend en compte, dans la mesure du possible, les différents coûts et bénéfices d'une action de décarbonation du point de vue de la société. Après avoir présenté les différentes limites de la méthode de calcul, la commission Criqui propose des valeurs de coûts d'abattement socio-économique pour différentes actions de décarbonation, qui vont de 25 euros par tonne d'équivalent CO₂ évitée pour la substitution du clinker par de l'argile calcinée dans les cimenteries, à plus de 400 euros par tonne d'équivalent CO₂ évitée pour la production d'hydrogène par électrolyse via une production électrique dédiée. L'usage possible des coûts d'abattement pour la planification écologique et les enjeux méthodologiques sont présentés en Section 2.4.2.

⁹² Secrétariat général à la planification écologique (2023) « [Mieux agir, la planification écologique – Synthèse du plan](#) ».

2.2 Donner un prix au carbone permet de décarboner à moindre coût

L'activation des leviers de décarbonation pour atteindre la neutralité carbone nécessite la mise en place d'instruments de politique publique de décarbonation. L'atteinte de la neutralité carbone nécessite une forte intervention publique ; elle ne pourra se faire uniquement *via* le progrès technique spontané (*cf.* Chapitre 1). Plusieurs instruments de décarbonation peuvent être mis en place. Deux catégories d'instruments sont distinguées⁹³ : les instruments fondés sur le marché, et les autres instruments. Les instruments fondés sur le marché comprennent la tarification du carbone (e.g. en France, la « composante carbone » de l'accise sur les énergies, *i.e.* les anciennes taxes intérieures de consommation, ou au niveau de l'UE, le marché du carbone européen, *cf.* Encadré 2), les subventions à l'adoption de technologies bas-carbone (e.g. MaPrimeRénov), ou encore les systèmes de bonus-malus (e.g. bonus-malus automobile). Les instruments réglementaires comprennent notamment les normes de performance énergétique et environnementale (e.g. RE2020 pour les bâtiments) et les normes d'émissions de CO₂ pour les véhicules, ou encore des mesures interdisant certaines actions (e.g. installation de nouvelle chaudière au fioul, location de logement très peu efficaces énergétiquement). D'autres instruments sont de diverses natures : instruments informationnels (e.g. diagnostic de performance énergétique, étiquetage énergétique), développement d'infrastructures, commande publique, instruments de crédit et de garantie, etc.

Ces instruments peuvent être évalués selon différents critères, dont l'efficacité environnementale, l'efficacité économique, et les effets distributifs. L'efficacité environnementale consiste à associer à un instrument ou une combinaison d'instruments une réduction quantifiée d'émissions de GES. L'efficacité économique implique de mesurer les coûts et bénéfices économiques associés aux instruments considérés, que l'on peut ensuite mettre en regard de l'efficacité environnementale (coût-efficacité). L'analyse des effets distributifs s'intéresse à la manière dont ces différents coûts et bénéfices sont répartis dans la société. D'autres critères d'évaluation sont également utiles pour apprécier le bien-fondé d'une combinaison d'instruments : les co-bénéfices et antagonismes associés (*cf.* Section 1.3.2), les prérequis institutionnels nécessaires à la bonne mise en œuvre des instruments (e.g. capacité de conception, de suivi, de contrôle et d'évaluation d'une mesure), et le potentiel de la combinaison d'instruments considérés à induire des transformations profondes des modes de consommation et de production, dans un contexte où l'atteinte de la neutralité carbone nécessite des changements structurels majeurs de l'économie. À cet égard, il convient d'être attentifs aux risques de verrouillage technologique (*lock-in* en anglais). Une grille d'analyse de ces multiples critères est proposée en Section 2.5.

Donner un prix au carbone réduit les émissions de gaz à effet serre à court terme, et plus encore à long terme. La tarification du carbone, *via* la mise en place d'une fiscalité s'appuyant sur le contenu carbone d'un produit ou un marché du carbone (*cf.* Encadré 2) renchérit le coût d'une action émettrice de gaz à effet de serre. Ce renchérissement a des effets de court et long terme sur l'offre et la demande en biens et services carbonés et bas-carbone. À court terme, la tarification carbone réduit la demande en biens et services carbonés, au bénéfice des biens et services moins émetteurs en gaz à effet de serre (e.g. acheter un aliment produit localement). À long terme, elle conduit les ménages, les entreprises et les entités publiques à réaliser des investissements (incluant les efforts de recherche et développement, *cf. infra*) et à changer leurs comportements, pour changer structurellement l'offre et la demande en biens et services carbonés et bas-carbone (e.g. développer des véhicules électriques sobres et légers). L'Encadré 3

⁹³ Trinh et al. (2023) rapport thématique « [Modélisation](#) » rattaché à la mission France Stratégie « Les incidences économiques de l'action pour le climat » pilotée par J. Pisani-Ferry et S. Mahfouz.

illustre comment la tarification carbone peut influencer le choix des ménages entre un équipement de chauffage carboné (chaudière à gaz) et bas-carbone (pompe à chaleur).

ENCADRÉ 2

Taxe carbone ou quotas d'émissions échangeables : deux formes de tarification carbone

Le prix du carbone permet d'internaliser au moins une partie des coûts des externalités des émissions de gaz à effet de serre dans les prix de marché des biens et services. Il envoie une incitation aux acteurs économiques afin d'orienter leurs comportements de production et de consommation vers les alternatives moins carbonées, et notamment déclencher les investissements nécessaires à la décarbonation.

Il existe deux principales formes de tarification du carbone, dont les deux sont en vigueur en France :

- Approche par les prix : taxe carbone, accise sur l'énergie, etc. En France, une « composante carbone », intégrée à l'accise sur les énergies, s'applique aux énergies fossiles, c'est-à-dire 40 % des émissions françaises liées à la combustion, et s'élève à 44,6 € par tonne de CO₂éq depuis 2018. L'appellation de « composante carbone » fait référence dans le présent document pour alléger la rédaction aux « hausses de la composante carbone », intervenues entre 2014 et 2018, et restées stables entre 2018 et 2021, à 44,6 €/tCO₂, au sein des taxes intérieures de consommation sur les produits énergétiques (TICPE), et sur le gaz naturel (TICGN).
- Approche par les quantités : reposant sur un marché sur lequel s'achètent et se revendent des quotas d'émission. Si une entité émet moins de gaz à effet de serre que son quota ne le prévoit, elle est autorisée à vendre la différence sur le marché à une autre entité le dépassant. Ce système d'échange de quotas d'émissions (SEQE ou ETS en anglais) ainsi créé définit un prix au carbone, implicitement dépendant de la quantité de quotas prédéterminée. Créé en 2005, le marché des quotas d'émission européen couvrait en 2022 24 % des émissions françaises nettes de GES (émissions provenant des secteurs de l'énergie, de l'industrie et du transport aérien ; cf. Chapitre 1, Tableau 3), à un prix moyen de 81 €/t CO₂éq.

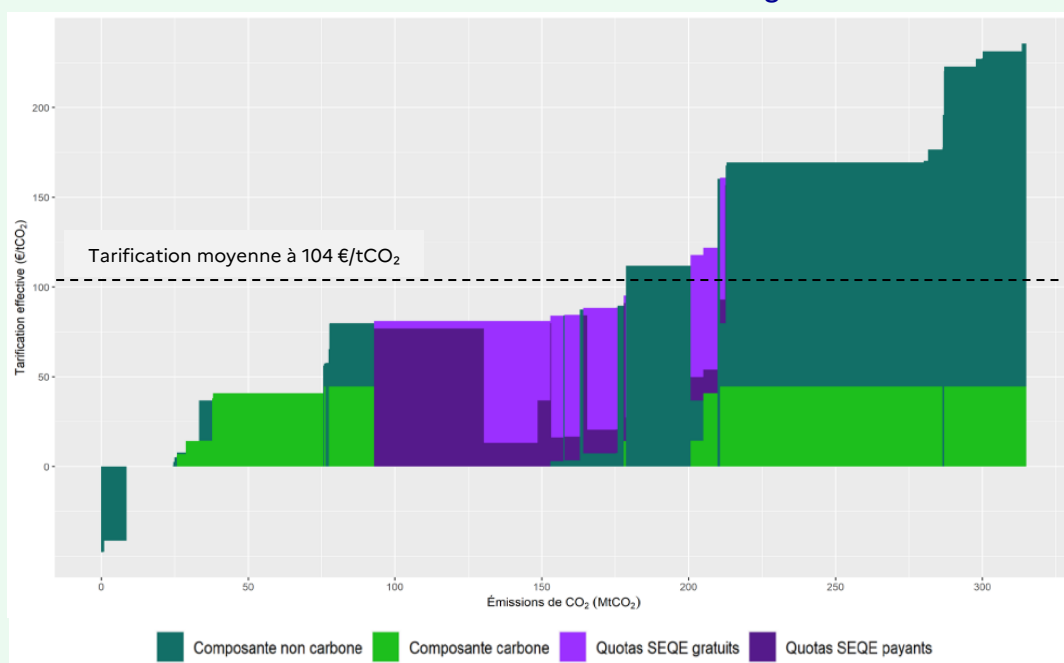
Ces deux approches de tarification du carbone, par les prix et par les quantités, sont équivalentes en théorie dans une situation d'information parfaite⁹⁴. Ce n'est pas le cas en pratique, en raison notamment des incertitudes sur les coûts d'abattement des différents acteurs économiques⁹⁵. La prévisibilité du signal prix est supérieure dans l'approche par les prix, conditionnellement à la crédibilité de la trajectoire, mais l'atteinte d'un objectif de réduction d'émissions nécessite une calibration très précise de l'instrument. L'approche par les quantités permet d'atteindre avec certitude une réduction d'émissions prédéterminée, au détriment de la prévisibilité du signal-prix.

⁹⁴ Weitzman (2003), « Price vs. Quantities », The Theory and Practice of Command and Control in Environmental Policy.

⁹⁵ Parry I., Black S. et Zhunussova K. (2022) « Carbon Taxes or Emissions Trading Systems? Instrument Choice and Design ».

GRAPHIQUE 1

Tarification effective du carbone en France selon les instruments, pour l'année 2022 et pour les émissions liées à la combustion d'énergie



Source : CGDD, modèle Elfe version 2, juin 2023.

Lecture : en 2022, le gazole non routier dans le secteur de l'industrie couvert par les quotas SEQE est tarifé à 149,7 €/tCO₂ ; environ 213 MtCO₂ d'émissions ont un prix inférieur. Cette tarification est décomposée en quatre parties : deux fractions de l'accise sur les énergies à savoir 44,6 €/tCO₂ correspondant aux hausses d'accise décidées depuis 2014 et motivées par un souhait de répartir la charge fiscale entre types de produits au regard de leur impact en matière d'émissions (dit « composante carbone ») et 25,1 €/tCO₂ au titre du tarif historique et des hausses décidées depuis 2014 pour un autre motif (dit « composante non carbone »), 67 €/tCO₂ de quotas SEQE gratuits et 13 €/tCO₂ de quotas SEQE payants. Pour simplifier la lecture, les remboursements d'accise ex post par l'État/aides de l'Etat à la vente de carburant versées aux distributeurs sont considérées comme se déduisant de la composante non carbone.

L'estimation de la tarification effective permet une représentation globale des incitations induites par ces instruments. La tarification effective doit être distinguée de la tarification explicite, qui ne couvre que la composante carbone et les systèmes de quotas d'émissions. En 2022, en France, le niveau moyen de tarification effective du carbone des émissions liées à la combustion d'énergie s'élevait à 104 €/tCO₂⁹⁶ (cf. Graphique 1). L'indicateur de la tarification effective doit être replacé dans le contexte des externalités du secteur qui ne sont pas uniquement climatiques. Les quantités physiques sur lesquelles elle s'appuie, comme les carburants, peuvent être associées à d'autres externalités en sus des émissions de GES, comme la pollution locale de l'air ou encore l'usure de la route (cf. Chapitre 3). Dès lors, une tarification effective du carbone relativement élevée n'implique pas nécessairement une couverture suffisante de l'ensemble des externalités présentes, et ne peut être rattachée à la seule externalité climatique.

⁹⁶ CGDD (2023), « [La tarification effective de l'énergie et du carbone en France en 2022](#) », Document de travail.

ENCADRÉ 3

Prix relatif des énergies et investissement dans les technologies bas-carbone

La rentabilité privée des investissements dans les technologies bas-carbone relativement aux technologies carbonées dépend de plusieurs facteurs : l'écart de coût en capital, les éventuelles subventions à l'acquisition, et les économies sur les futures factures d'énergie. Le prix relatif des énergies bas-carbone et carbonées est donc central.

Dans le cas du choix des ménages pour le système de chauffage de leur logement entre l'installation d'une chaudière à gaz et celle d'une pompe à chaleur (PAC), le prix relatif du gaz et de l'électricité est ainsi un paramètre crucial de la rentabilité.

En France, dans un scénario illustratif⁹⁷, l'installation d'une PAC relativement à une chaudière à gaz est rentable après prise en compte des aides aux ménages MaPrimeRenov' et Certificats d'économies d'énergie (CEE), avec un temps de retour sur investissement qui dépend des revenus des ménages. Le retour sur investissement est immédiat pour les ménages très modestes, au bout de 6 ans pour les ménages modestes, après 9 ans pour les ménages intermédiaires, et après 17 ans pour les ménages les plus aisés⁹⁸.

Dans un scénario alternatif où la composante carbone de l'accise sur les énergies, qui est actuellement fixée à 44,6 €/tCO₂, serait conventionnellement portée à 100 €/tCO₂, conduisant à une hausse de 8 % du tarif de référence du gaz naturel, le temps de retour sur investissement privé des PAC est réduit pour toutes les catégories de ménages.

TABLEAU 1
Temps de retour sur investissement en fonction des prix du gaz et de l'électricité et du niveau de revenu du ménage, en années

	Scénario principal	Scénario alternatif avec composante carbone à 100€/tCO ₂
Très modeste <i>Déciles 1 et 2</i>	Pas de reste à charge, le coût à l'usage de la PAC étant inférieur à celui d'une chaudière à gaz, le retour sur investissement est immédiat	
Modeste <i>Déciles 3 et 4</i>	6	5
Intermédiaire <i>Déciles 5 à 8</i>	9	7
Supérieur <i>Déciles 9 et 10</i>	17	13

La rentabilité privée d'une solution bas carbone n'implique pas pour autant nécessairement son adoption systématique. De multiples autres défaillances de marché peuvent contribuer à freiner l'acquisition de vecteurs de chauffage bas carbone (cf. Chapitre 4).

Mettre en place un prix du carbone incite à déclencher les actions de décarbonation les plus coût-efficaces. La tarification carbone est l'instrument de décarbonation généralement considéré comme le plus coût-efficace par les économistes. Les économistes Olivier Blanchard,

⁹⁷ À long terme, de manière illustrative, le prix de l'électricité considéré est de 240 €/MWh TTC et celui du gaz de 120 €/MWh TTC, frais de réseau et de distribution compris. Ces valeurs correspondent aux niveaux moyens observés sur le début de l'année 2023.

⁹⁸ Le barème d'éligibilité aux aides est détaillé ici : france-renov.gouv.fr/bareme.

Christian Gollier, et Jean Tirole l'ont récemment rappelé⁹⁹. C'est également l'analyse des organisations internationales telles que le Fonds Monétaire International¹⁰⁰ ou l'Organisation pour la Coopération et le Développement Économique¹⁰¹. Plusieurs propriétés en font l'instrument le plus coût-efficace. Les actions de décarbonation ont des coûts d'abattement hétérogènes (cf. Section 2.1). Dans un contexte d'information imparfaite, donner un prix au carbone incite les différents acteurs économiques à déclencher toutes les actions de décarbonation qui ont un coût privé inférieur au prix du carbone, sans avoir besoin de connaître les coûts privés des différents acteurs. À l'inverse, cibler les mesures les plus coût-efficaces au travers de subventions et de mesures réglementaires nécessite une connaissance fine des coûts d'abattement des différents acteurs économiques, dont la puissance publique ne dispose pas forcément en pratique. En l'absence d'autres défaillances de marché que l'externalité climatique (cf. Section 2.3.), la taxe carbone permet de maximiser la réduction des émissions par euro dépensé, par rapport aux autres instruments de politique publique. En outre, l'hétérogénéité dans la tarification du carbone entre différents secteurs ou sources d'émissions peut être source d'inefficacité, dans la mesure où la même quantité d'émissions pourrait être réduite à moindre coût avec une tarification uniforme.

Donner un prix au carbone encourage l'innovation bas-carbone. Le prix du carbone a en effet non seulement un effet statique, mais aussi dynamique, si la trajectoire de prix fixée par les pouvoirs publics ou déterminée par le marché est suffisamment crédible pour ancrer les anticipations des acteurs économiques, et en particulier des entreprises qui ont des activités de recherche et développement (R&D). Une trajectoire de prix du carbone future incite ainsi à investir dans l'innovation bas-carbone, ce qui réduit les coûts futurs de décarbonation¹⁰². Empiriquement, selon une récente étude, une hausse de 10 % du prix du pétrole se traduit par une augmentation de 10 % des dépôts de brevets verts et une diminution de 8 % des brevets bruns¹⁰³. Les quotas du marché carbone européen ont également encouragé l'innovation bas-carbone au sein des entreprises concernées¹⁰⁴. L'innovation fait par ailleurs l'objet de défaillances de marché (cf. Section 2.3.1 ci-dessous) qui justifient la mise en œuvre d'instruments complémentaires à la tarification du carbone afin de renforcer les incitations à l'innovation bas-carbone.

Les évaluations empiriques ex post mesurent comment les comportements, la consommation d'énergie et les émissions, s'ajustent à court et long terme aux variations de prix de l'énergie. En comparaison internationale, sans que cela ne constitue directement une causalité, les pays qui ont les niveaux de tarification effective sur le carbone les plus élevés sont ceux dont l'intensité carbone du PIB est la plus faible (cf. Graphique 3). L'effet causal de la mise en place d'instruments prix tels que la taxe carbone est de plus établi dans de nombreux travaux empiriques¹⁰⁵. En effet, les ménages et les entreprises diminuent leur consommation face à des hausses de prix de

⁹⁹ Blanchard, Olivier, Christian Gollier, et Jean Tirole (2023) "[The portfolio of economic policies needed to fight climate change](#)" *Annual Review of Economics*.

¹⁰⁰ FMI (2023), « Climate Crossroads: Fiscal Policies in a Warming World », Fiscal Monitor.

¹⁰¹ D'Arcangelo F., M. Pisu, A. Raj et K. van Dender (2022) « Estimating the CO₂ emission and revenue effects of carbon pricing », *Document de Travail de l'OCDE* ; OCDE (2023) "[OECD Economic Surveys: European Union and Euro Area 2023](#)".

¹⁰² Van den Bergh J. et Ivan S. (2021) "[Impact of carbon pricing on low-carbon innovation and deep decarbonisation: controversies and path forward](#)", *Environmental and Resource Economics*.

¹⁰³ Aghion, Dechezleprêtre, Hémous, Martin, Van Reenen (2016) "[Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry](#)", *Journal of Political Economy*.

¹⁰⁴ Cabel R. et Dechezleprêtre A. (2016), "[Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market](#)", *The Review of Economics and Statistics*.

¹⁰⁵ Voir par exemple le cas de la Suède : Andersson (2019) "[Carbon Taxes and CO₂ Emissions: Sweden as a Case Study](#)" *American Economic Journal*; ou pour le système européen de quota d'émissions : Dechezleprêtre A., D. Nachtigall, F. Venmans (2023) "[The joint impact of the European Union emissions trading system on carbon emissions and economic performance](#)", *Journal of Environmental Economics and Management*.

l'énergie, à court et long terme. D'après une méta-analyse de 2017¹⁰⁶, une augmentation de 10 % du prix de l'énergie conduit à une réduction de 2 % de la consommation d'énergie à court terme, et de 5 à 6 % à long terme. Une étude récente sur la consommation de carburant par les ménages français corrobore l'ordre de grandeur de court terme¹⁰⁷. Ces relations historiques ne prennent toutefois pas en compte l'évolution technologique future et les politiques mises en place. Par ailleurs, la réaction des ménages aux variations de prix serait plus importante suite à la mise en place d'une taxe que de fluctuations de marché (cf. Encadré 6 du Chapitre 4 pour une synthèse des résultats sur la réaction des ménages aux prix et taxes sur l'énergie).

ENCADRÉ 4

La couverture et le niveau de tarification effective nette des émissions sont plus élevés en France que dans le reste de l'OCDE

La couverture des émissions de gaz à effet de serre par une forme de tarification est hétérogène dans le monde (cf. Graphique 2), d'après les estimations de l'OCDE¹⁰⁸. En prenant en compte les quotas carbone, les taxes carbone, et l'accise sur les énergies nette des subventions aux énergies fossiles, l'OCDE estime qu'en 2021, 71 % des émissions en France étaient couvertes par une tarification effective nette positive, pour un niveau moyen au total de 83 €/tCO₂éq. Ce niveau est supérieur à la moyenne des pays de l'OCDE, dans lesquels 53 % des émissions sont couvertes, pour un niveau de tarification moyen de 34 €/tCO₂éq. Au sein des 71 pays couverts par l'analyse de l'OCDE, qui représentent environ 80 % des émissions de gaz à effet de serre mondiales, la tarification effective nette moyenne est estimée à 17 €/tCO₂éq, et 41 % des émissions de gaz à effet de serre sont soumises à une tarification effective nette positive.¹⁰⁹ La tarification effective se distingue de la tarification explicite sur le carbone qui ne prend en compte que les taxes sur les émissions et les systèmes de quotas, en excluant la tarification implicite (taxes d'accises d'énergétiques, subventions aux énergies fossiles). La couverture des émissions de serre à effet de serre mondiales par une tarification explicite est estimée par la Banque Mondiale à 23 %.¹¹⁰

Le niveau de tarification est positivement corrélé à une plus faible intensité carbone du PIB (cf. Graphique 3).

¹⁰⁶ Labandeira, X., Labeaga, J. M., et López-Otero, X. (2017). "[A meta-analysis on the price elasticity of energy demand](#)" *Energy policy*.

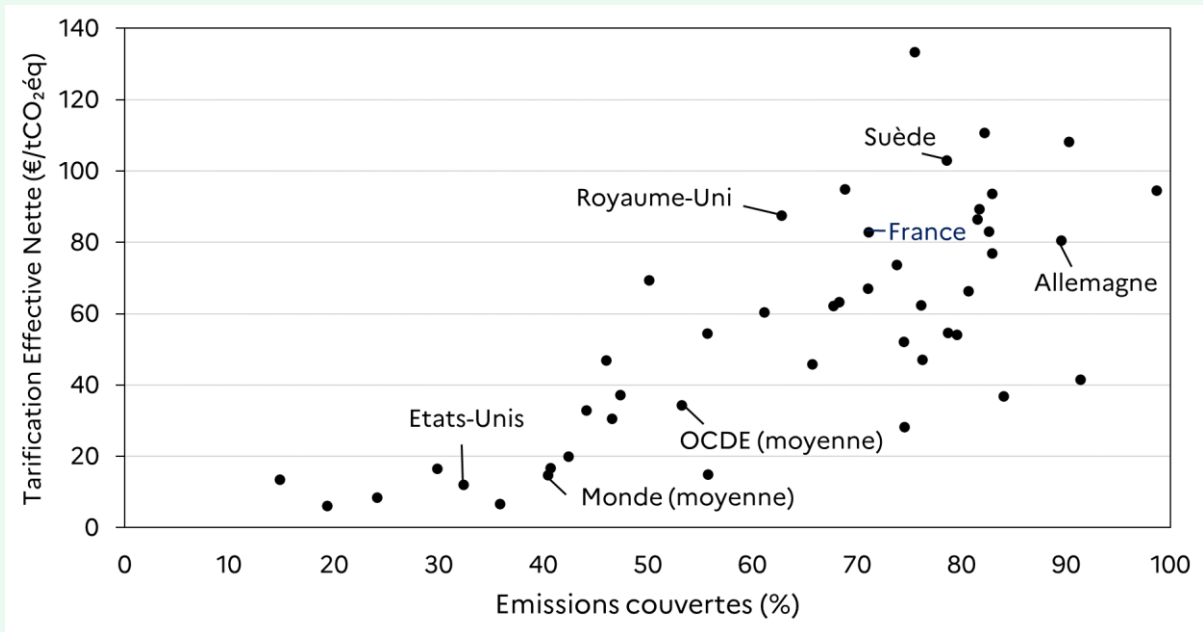
¹⁰⁷ Bonnet O., Loisel T., Wilner L., Fize E. (2023) « [Comment les automobilistes ajustent leur consommation de carburant aux variations de prix à court terme](#) » *Insee Analyses*.

¹⁰⁸ OCDE (2022), « Pricing Greenhouse Gas Emissions ».

¹⁰⁹ Le rapport de l'OCDE couvre 71 pays représentant 80 % des émissions de CO₂.

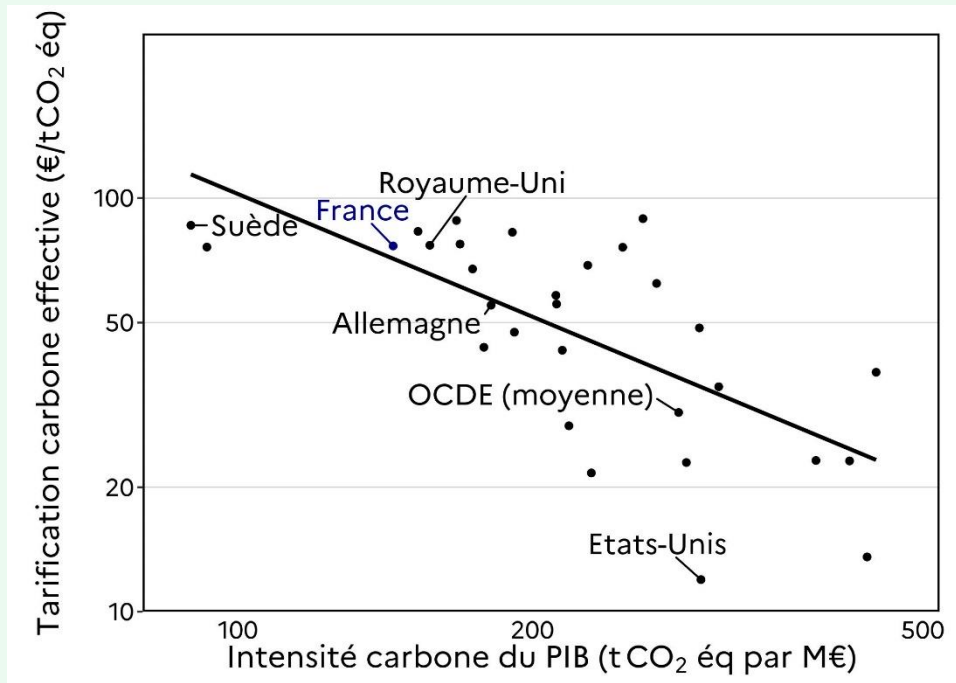
¹¹⁰ Banque Mondiale (2023) « [State and Trends of Carbon Pricing 2023](#) ».

GRAPHIQUE 2
Tarification carbone effective nette dans le monde, 2021



Source : OCDE.

GRAPHIQUE 3
Tarification carbone effective et intensité carbone du PIB, 2018



Sources : OCDE et OurWorldInData. Champ : pays de l'OCDE dont la tarification carbone nette est positive.

Note : Les axes sont présentés selon une échelle logarithmique.

Si donner un prix au carbone n'a pas pour objectif premier d'améliorer les comptes publics, le fait que cela génère des recettes publiques peut notamment permettre de financer des investissements dans la décarbonation ou des mesures d'accompagnement des ménages et entreprises afin d'atténuer les effets redistributifs négatifs de la fiscalité carbone. À la différence d'une fiscalité de rendement, comme la TVA, donner un prix au carbone s'inscrit dans une optique pigouvienne¹¹¹ : l'objectif premier n'est pas de générer des recettes publiques, mais de faire internaliser aux différents agents économiques les coûts que représentent les émissions de GES pour la société. Fiscalité de rendement et fiscalité pigouvienne, telle que la taxe carbone, obéissent à des logiques opposées : la première privilégie une assiette fiscale stable, tandis que la seconde vise une réduction de l'assiette fiscale, à mesure que l'économie se décarbone. Pour autant, que cela soit *via* une taxe carbone ou la mise aux enchères de quotas carbone, donner un prix aux émissions de GES génère des ressources additionnelles pour les pouvoirs publics. 38 Md€ (1,3 % du PIB) de recettes publiques¹¹² portant sur les énergies fossiles et le CO₂ (dont 90 % sont l'accise sur les énergies, et 6 % les recettes issues de la vente aux enchères des quotas carbone) sont ainsi anticipées dans le projet de loi de finances pour 2024¹¹³. Se pose dès lors la question de leur utilisation, sachant que l'affectation des recettes de la tarification du carbone aux dépenses favorables à la transition contribue à l'acceptation sociale de ces taxes¹¹⁴. Ces recettes se caractérisent en outre par un fort risque de volatilité, que ce soit *via* le prix du quota vendu sur le marché du carbone européen, ou *via* les prix de l'énergie à travers un effet volume sur la consommation, qui les rendent peu adaptées au financement de dépenses qui n'ont pas vocation à évoluer de la même manière. La mise en regard de ces recettes et des dépenses en faveur de l'environnement permet d'accroître la transparence de l'action publique en matière de transition écologique, sans fragiliser le pilotage des dépenses vertes, en ménageant efficacité économique et acceptation sociale. La démarche du « budget vert », instituée par la loi de finances pour 2020, s'inscrit dans cette approche : chaque projet de loi de finances est désormais accompagné d'une classification des dépenses budgétaires et fiscales de l'État selon leur impact sur l'environnement, ainsi que d'une identification des ressources publiques à caractère environnemental. La dernière édition du budget vert¹¹⁵ montre ainsi qu'en 2024 l'État dépensera davantage en faveur de la planification écologique (40 Md€ prévus) qu'il ne percevra de recettes environnementales (environ 26 Md€ prévus au périmètre de l'État, soit environ 42 % des recettes environnementales - y compris non énergétiques -, une partie allant notamment aux collectivités locales).

¹¹¹ Une taxe pigouvienne est une taxe destinée à internaliser le coût social des activités économiques, notamment en ce qui concerne la pollution. Elle vise ainsi à intégrer au marché les externalités négatives. Le concept doit son nom à l'économiste britannique Arthur Cecil Pigou (1877-1959), qui est le premier à proposer une taxation correctrice des externalités en 1920. La fiscalité pigouvienne se distingue, sur le plan juridique, de la fiscalité comportementale en tant que cette dernière vise spécifiquement à faire adopter un comportement déterminé par une tarification quasi-prohibitrice alors que la première a pour objet de laisser le comportement des acteurs libres mais en intégrant le coût des externalités à leur équation économique. Une taxe pigouvienne peut ainsi, sur le plan juridique, poursuivre une finalité de rendement budgétaire. Voir le A de la partie III du rapport annuel sur l'impact environnemental du budget de l'État.

¹¹² Cela inclut les recettes perçues par les collectivités et par les établissements publics.

¹¹³ [Rapport sur l'impact environnemental du budget de l'Etat pour 2024 \(p.260\)](#)

¹¹⁴ Les résultats d'une enquête internationale indiquent pour la France que le soutien à la taxe carbone passe de 31 % sans affectation des recettes à 54 % lorsque ses recettes financent une compensation pour les ménages dépendants aux énergies fossiles, et à 55 % lorsqu'elles financent un versement pour les ménages les plus modestes. Source : Dechezleprêtre, A., Fabre, A., et Stantcheva, S. (2022) « [Les Français et les politiques climatiques](#) », Les notes du conseil d'analyse économique.

¹¹⁵ [Rapport sur l'impact environnemental du budget de l'Etat pour 2024](#)

2.3 L'existence d'autres défaillances de marché faisant obstacle à la décarbonation justifie la mise en œuvre d'instruments complémentaires au prix du carbone

2.3.1 Défaillances de marché et instruments complémentaires à la tarification du carbone

L'existence de défaillances de marché en sus de l'externalité climatique justifie la mise en place d'instruments complémentaires au prix du carbone. En présence de défaillances de marché supplémentaires, donner un prix au carbone ne suffit pas à s'assurer que l'ensemble des actions de décarbonation ayant un bilan socio-économique positif soit mis en œuvre. C'est le cas par exemple dans le secteur du logement, où de nombreuses asymétries d'information peuvent conduire à un sous-investissement dans la rénovation énergétique (cf. Chapitre 4). Le diagnostic de performance énergétique (DPE) est un exemple d'instrument informationnel complémentaire à la tarification du carbone : en informant sur les performances énergétiques et climatiques d'un bien en vente ou en location, il peut renforcer les incitations à investir dans la rénovation énergétique¹¹⁶. Le besoin de standardisation de certaines infrastructures, comme la recharge de voitures électriques, peut aussi justifier une intervention publique afin d'éviter les inefficiences liées à un défaut de coordination¹¹⁷. L'innovation bas-carbone et les fuites de carbone constituent deux cas importants où des défaillances de marché justifient une action complémentaire.

Pour assurer un bon niveau d'innovation bas-carbone, la tarification du carbone peut nécessiter d'être complétée par un soutien public additionnel. En plus d'un défaut de valorisation en cas d'absence de prix du carbone, l'innovation bas-carbone doit surmonter au moins quatre défis additionnels : les externalités de connaissance, la dépendance au sentier, un horizon temporel parfois long¹¹⁸, avec un niveau de risque qui peut être élevé et difficilement supportable pour des acteurs privés, et un besoin de coordination dans un contexte d'urgence climatique. Premièrement, l'innovation génère nombre de retombées positives pour différents acteurs sans que ceux-ci n'aient toujours contribué à financer l'effort de R&D. Deuxièmement, parce qu'historiquement l'effort de R&D s'est porté sur les technologies carbonées dans une logique d'efficacité et de rentabilité, il peut être moins coûteux pour une entreprise, au moins à court terme, de poursuivre dans ce champ-là, plutôt que de réorienter son effort de R&D dans des technologies bas-carbone qui pourraient par ailleurs cannibaliser son activité historique. Troisièmement, si l'expérience de l'industrie pharmaceutique montre que le secteur privé est capable d'investir en R&D sur le temps long, avec un temps de retour sur investissement important, elle s'appuie largement sur le secteur public pour la recherche fondamentale, étape aux résultats particulièrement incertains, mais pourtant indispensable aux développements de technologies de rupture, qui pourraient contribuer à l'atteinte de la neutralité carbone, mais étape particulièrement risquée. De plus, la trajectoire future de prix du carbone est un paramètre clef du rendement des innovations bas-carbone à long terme, ce qui peut réduire les incitations à innover si celle-ci est perçue comme incertaine. Enfin, loin d'être une activité isolée, l'innovation technologique s'épanouit au sein d'écosystèmes, dont la mise en place bénéficie de l'appui des pouvoirs publics afin de coordonner les différents acteurs. Ces différentes raisons justifient la mise en place d'un soutien plus poussé à l'innovation bas-carbone, en complément de la tarification du carbone. Plusieurs dispositifs de soutien à l'innovation bas carbone existent en France et dans l'Union Européenne (cf. Encadré 8).

¹¹⁶ Fleckinger P., Glachant M., et Kamga P. H. T. (2019) "Energy performance certificates and investments in building energy efficiency: a theoretical analysis", *Energy Economics*.

¹¹⁷ L'Union européenne impose aux stations de recharge pour véhicules électriques des standards particuliers suivant la directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs

¹¹⁸ Blanchard, O., Gollier, C., et Tirole, J. (2023) "The portfolio of economic policies needed to fight climate change", *Annual Review of Economics*.

Autre instrument complémentaire au prix du carbone, le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) de l'UE doit permettre de réduire le risque de fuites de carbone. Une divergence de tarification du carbone entre pays fait peser le risque de fuites de carbone (cf. Encadré 5), qui nuisent à l'efficacité des politiques climatiques domestiques¹¹⁹, car l'impact des émissions sur le climat ne dépend pas de l'endroit où elles sont émises. Afin de surmonter ce problème et d'assurer l'efficacité de ses politiques climatiques dans un contexte de renforcement de son ambition pour 2030, l'Union européenne a mis en place un MACF (cf. Encadré 6). Le MACF constituera par ailleurs une incitation indirecte pour des pays exportant des biens dans l'UE à mettre en place un prix du carbone, d'une part afin de contrôler les recettes issues de la tarification du carbone et, d'autre part, car le MACF prendra en compte le prix du carbone effectivement déjà payé dans les pays tiers.

ENCADRÉ 5

La notion de fuites de carbone

La divergence des politiques climatiques peut générer des externalités négatives appelées « fuites de carbone »¹²⁰. En pratique, deux types de fuites de carbone sont identifiés¹²¹.

Les fuites « directes » sont la conséquence d'une réallocation de la production résultant de l'augmentation de la contrainte climatique dans un pays ou région du monde qui peut conduire, d'une part, certains acteurs à délocaliser leur production (notamment *via* leurs investissements à l'étranger) vers les pays ou régions moins-disants et, d'autre part, à une perte de parts de marché sur les marchés intérieur et tiers, au profit de producteurs étrangers bénéficiant de contraintes climatiques moins fortes (et potentiellement plus intensifs en émissions).

Les fuites « indirectes » reflètent quant à elles un effet passant par la baisse du prix des énergies fossiles sur le marché international. Cette baisse s'explique, toutes choses égales par ailleurs, par la diminution de la demande d'énergies fossiles dans les pays ou régions mettant en place une politique climatique ambitieuse, toutes choses égales par ailleurs (donc au-delà des effets de réallocation de la production mentionnés précédemment). La consommation d'énergies fossiles dans les pays et régions non soumis à de telles contraintes climatiques s'en trouve stimulée.

Du fait de ces fuites, la réduction des émissions dans un pays ou région appliquant des politiques climatiques ambitieuses est au moins en partie compensée par l'augmentation des émissions dans des pays ou régions moins-disants sur le plan climatique, ce qui réduit l'efficacité des politiques climatiques et contribue *in fine* à un partage sous-optimal de l'effort global de réduction des émissions.

La baisse induite de la production des secteurs couverts par des politiques climatiques ambitieuses conduit alors à une dépendance accrue à des importations potentiellement plus intensives en émissions ainsi qu'à des pertes d'emplois pouvant peser sur l'acceptabilité sociale des mesures en faveur de la transition vers une économie bas-carbone.

¹¹⁹ L'Heudé, W., Chailloux M. et X. Jardi (2021) « Un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union européenne », *Trésor-Éco* n°280, Direction Générale du Trésor.

¹²⁰ Le concept de fuite de carbone (aussi dénommé « fuites de pollution » ou « effet de havre de pollution ») est issu d'études sur les liens entre la pollution et le commerce international, dans le cadre de l'accord de libre-échange nord-américain (ALENA). Voir notamment Antweiler W., Copeland B. R. et M. S. Taylor (2001), "Is free trade good for the environment?", *American Economic Review* ; Kuik O. et R. Gerlagh (2003), "Trade liberalization and carbon leakage", *The Energy Journal*

¹²¹ Organisation de coopération et de développement économiques (2020), "*Climate Policy Leadership in an Interconnected World: What Role for Border Carbon Adjustments?*"

ENCADRÉ 6

Le renforcement de l'ETS-1 et le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières¹²²

Dans le cadre du paquet « Fit for 55 », l'UE renforce plusieurs dimensions de l'EU ETS, instrument central de la politique climatique européenne. L'EU ETS prévoit depuis 2005 un plafond décroissant d'émissions de GES pour les secteurs de l'industrie, de la production d'électricité, et du transport aérien intra européen. En lien avec la hausse de l'ambition de réduction des émissions de l'UE pour 2030, l'EU ETS a été renforcé dans le cadre du paquet Fit for 55 : le rythme de baisse annuel du plafond est augmenté de sorte à atteindre une baisse des émissions de 62 % en 2030 comparée à 2005 (contre 43 % prévus précédemment) ; les quotas gratuits seront progressivement supprimés pour les secteurs concernés par le MACF et pour le secteur aérien ; la réserve de stabilité qui absorbe le surplus de quotas sera renforcée ; et enfin, les émissions du transport maritime (européen et international) et du transport aérien européen seront couvertes.

En lien avec le renforcement des politiques climatiques européennes, un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) est mis en place. Le MACF est un mécanisme qui répliquera la tarification carbone de l'EU ETS sur les importations de produits intensifs en émissions. Il couvre dans un premier temps un périmètre de biens homogènes issus des secteurs de l'acier, de l'aluminium, du ciment, des fertilisants, l'électricité et l'hydrogène. Le MACF est en place depuis le 1^{er} octobre 2023, d'abord dans une phase transitoire « à blanc » (2023-2025), puis l'ajustement financier sur les importations augmentera progressivement en parallèle de la suppression des quotas gratuits de l'ETS pour les secteurs concernés, qui s'étalera sur 9 ans (2026-2034). Il sera basé sur les émissions réelles des importateurs (reflétant également l'effet des politiques réglementaires) et permettra la prise en compte des politiques de tarification carbone des pays tiers.

2.3.2 Insuffisance du prix du carbone et instruments complémentaires

De manière complémentaire au prix du carbone, d'autres instruments peuvent être mis en place pour réduire les émissions, comme des subventions ou des réglementations, avec une attention particulière à porter aux effets économiques induits. Si la majorité des émissions de GES en France sont soumises à une tarification du carbone, une partie des émissions ne le sont pas, qu'elles soient positives ou négatives. C'est notamment le cas des émissions de méthane ou de protoxyde d'azote de l'agriculture, ou encore des émissions négatives des puits de carbone naturel. L'absence de tarification du carbone peut s'expliquer par des contraintes socio-économiques, politiques, ou encore techniques¹²³. En outre, la tarification du carbone est aujourd'hui trop faible pour permettre seule l'atteinte des objectifs climatiques.¹²⁴ La trajectoire précise du signal-prix du carbone qui serait nécessaire, en l'absence de mesures supplémentaires, à l'atteinte des objectifs climatiques de la SNBC-3 n'est pas connue avec précision et dépend des autres instruments mobilisés, mais les analyses convergent vers une trajectoire fortement

¹²² L'Heudé, W., Chailloux M. et X. Jardi (2021) « Un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union européenne », *Trésor-Éco* n°280, Direction Générale du Trésor.

¹²³ Les émissions de GES non énergétiques sont en effet plus délicates à mesurer et contrôler que celles issues de l'usage des énergies fossiles.

¹²⁴ Voir par exemple les scénarios AME (avec mesures existantes) de la SNBC-2, qui incluent la tarification du carbone actée à date, ainsi que des mesures additionnelles, et qui ne permettent pas d'atteindre les objectifs que la France s'est fixés en l'absence de mesures supplémentaires (scénarios AMS).

ascendante. Par exemple, l'évaluation macroéconomique de la SNBC-2 avec le modèle ThreeMe estime qu'un signal-prix équivalent à 200 €/tCO₂ en 2030 serait nécessaire, en plus des mesures existantes, pour atteindre les objectifs climatiques précédents.¹²⁵ Plus largement, la Valeur de l'Action pour le Climat, qui sert de référence pour l'évaluation des politiques publiques, augmente de 87 €/tCO₂ en 2020 à 250 €/tCO₂ en 2030.¹²⁶ Toutefois, même si une trajectoire de prix du carbone plus ambitieuse était établie, elle pourrait souffrir d'un défaut de crédibilité, le risque existant que son montant soit revu à la baisse dans le futur face à des problèmes d'acceptabilité. Afin de compenser l'absence ou l'insuffisance du prix du carbone, des instruments complémentaires sont mis en place ou envisagés, tels que les subventions (e.g. MaPrimeRénov', le bonus automobile) ou des réglementations (e.g. interdiction de location des passoires thermiques, interdiction de vente de véhicules à moteur thermique). Ces instruments alternatifs peuvent aussi contribuer à renforcer la crédibilité de la trajectoire de prix du carbone, par exemple en contraignant les acteurs à déclencher des investissements bas-carbone cohérents avec une augmentation future des prix du carbone et en accompagnant ceux pour lesquels les contraintes financières sont un obstacle au changement de comportement. Le tableau 2 propose une analyse comparative de différents types d'instrument de décarbonation.

Le recours à une combinaison d'instruments nécessite une analyse fine des interactions entre eux afin de maximiser les synergies, l'additivité des effets des différentes mesures considérées de manière isolée n'étant pas assurée. Il s'agit d'assurer la cohérence à la fois entre différents instruments et entre différentes échelles de mise en œuvre de l'action publique, en particulier l'articulation entre les politiques nationales et les politiques mises en place à l'échelle européenne. Dans le cas où plusieurs mesures seraient mises en place pour la décarbonation d'un même secteur (tarification carbone, subvention des activités peu émissives, réglementation des activités émissives), l'effet déclencheur propre à une mesure sera plus délicat à estimer, tout comme l'impact d'une mesure supplémentaire. Des synergies positives ou négatives pourraient ainsi apparaître¹²⁷. Par exemple, dans le secteur des transports, le bonus-malus et la tarification carbone se complètent pour encourager l'achat d'un véhicule électrique plutôt que d'un véhicule thermique, le premier instrument jouant sur le prix d'achat, le second sur le coût d'utilisation. À l'inverse, en présence d'un système de quotas sur le volume d'émissions, des mesures supplémentaires ont un effet nul sur les émissions (puisqu'elles sont fixées dans le système de quotas) mais elles peuvent affecter la manière dont ce niveau d'émission est atteint (e.g. soit en décarbonant la production, soit en la réduisant si la décarbonation est trop coûteuse)¹²⁸.

¹²⁵ Ademe et CGDD (2022), « [Évaluation macroéconomique de la Stratégie nationale bas-carbone \(SNBC-2\) avec le modèle ThreeMe](#) », Document de travail.

¹²⁶ Alain Quinet et al. (2023) « [La valeur de l'action pour le climat](#) », Rapport France Stratégie. Les valeurs citées sont en €2018 ; elles ne tiennent donc pas compte de l'inflation passée et future. La trajectoire est basée sur l'atteinte d'une réduction des émissions de -40 % en 2030 par rapport à 1990, inférieur à l'objectif actuel de -50 %.

¹²⁷ Voir par exemple van den Bergh, J. C. J. M., Castro, J., Drews, S., Exadaktylos, F., Foramitti, J., Klein, F., et Savin, I. (2021) "Designing an effective climate-policy mix: accounting for instrument synergy" *Climate Policy*.

¹²⁸ En pratique, dans le cadre du SEQE, la réserve de stabilité sur le marché permet d'absorber une partie du surplus de quotas généré par des politiques complémentaires.

ENCADRÉ 7

Principales mesures complémentaires à la tarification du carbone mises en place en France portant sur les ménages

La **tarification effective du carbone** émis par la combustion d'énergie par les ménages était en 2022 de 143 €/tCO₂¹²⁹.

Les principales **subventions** mixtes ou favorables à la transition énergétique et versées aux ménages sont les suivantes¹³⁰ :

- **Subventions à la rénovation énergétique des logements privés** : MaPrimeRenov' et aides de l'Anah. MaPrimeRenov' et les certificats d'économie d'énergie (CEE) permettent aux ménages de bénéficier de subventions pour leurs travaux de rénovation énergétique.
- **Verdissement des véhicules, notamment bonus automobile et prime à la conversion**. Le bonus écologique est une aide à l'achat de véhicule neuf ou d'occasion, électrique ou à hydrogène. Pour l'achat d'un véhicule particulier neuf de moins de 2,4 tonnes, elle est versée, selon le barème 2023, sans condition de revenus et est fixée à 5 000 € pour les particuliers (et 3 000 € pour les personnes morales), avec un plafonnement à 27 % du prix toutes taxes comprises. Une augmentation de 2 000 € du bonus est accessible aux particuliers dont le niveau de revenu fiscal de référence par part est inférieur ou égale à un certain seuil¹³¹. Le bonus est de 1 000 € pour les véhicules d'occasion. La prime à la conversion est une aide cumulable avec le bonus automobile, et peut atteindre 6 000 €, avec une surprime de 1 000 € en Zone à Faibles Émissions-mobilité.

Les principales **obligations et interdictions** pesant directement sur les ménages en France pour les émissions liées au logement et au transport sont les suivantes :

- **Un calendrier d'interdiction à la location en fonction de la performance énergétique des logements** a été établi par les lois Énergie Climat (2019) et Climat et Résilience (2021). Les logements très énergivores (consommant plus de 450 kWh d'énergie finale par m² et par an) ne sont plus considérés comme « décents » et ont ainsi été interdits à la location au 1^{er} janvier 2023, le reste des logements étiquetés G le seront en 2025, les F en 2028 et les E en 2034.
- **Une obligation de faire des travaux d'isolation thermique en cas de travaux importants** de ravalement est en vigueur depuis 2017¹³².
- **Une obligation de réalisation de plan pluriannuel de travaux et/ou de diagnostic technique global** entre en vigueur progressivement pour les copropriétés, entre 2023 et 2025¹³³.
- **Il est interdit d'installer de nouvelles chaudières au fioul**, depuis le 1^{er} juillet 2022. Des dérogations sont possibles en cas de raccordement impossible au réseau de gaz et de chaleur cumulé à un manque de puissance du réseau électrique.
- **La vente de nouveaux véhicules à moteur thermique est interdite dans l'Union européenne à partir de 2035**¹³⁴. Les normes d'émissions de CO₂ pour les véhicules neufs (voitures particulières et véhicules utilitaires légers) vont diminuer par palier pour atteindre zéro

¹²⁹ CGDD (2023) « La tarification effective de l'énergie et du carbone en France en 2022 », Document de travail basé sur le modèle ELFE.

¹³⁰ [Budget vert 2024](#) et [MaPrimeRénov'2024 – Dossier de presse \(octobre 2023\)](#)

¹³¹ Ce seuil était de 14 098 euros en 2023. Source : [primealaconversion.gouv.fr](#)

¹³² [Décret n° 2016-711 du 30 mai 2016](#) relatif aux travaux d'isolation en cas de travaux de ravalement de façade, de réfection de toiture ou d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables

¹³³ Selon le nombre de lots des copropriétés, cf. [Diagnostic technique global \(DTG\) de la copropriété](#).

¹³⁴ Cette mesure a été adoptée par l'Union européenne dans le cadre du règlement (UE) 2023/851.

émission en 2035¹³⁵. Les fabricants devront adapter leur production. Les véhicules fonctionnant exclusivement avec des carburants neutres en CO₂ sont exemptés. Cette mesure concerne à la fois ménages, entreprises et constructeurs automobiles.

- **Les vols intérieurs sur le territoire français sont interdits si une alternative de liaison ferroviaire directe de moins de 2 heures 30 est possible**, en tenant compte des vols en correspondance, des distances entre aéroports, gares et centres-villes ou encore de la fréquence des liaisons ferroviaires. Cette mesure concerne trois liaisons : Orly-Nantes, Orly-Lyon et Orly-Bordeaux.

ENCADRÉ 8

Principales mesures complémentaires à la tarification du carbone mises en place en France portant sur les entreprises hors producteurs énergétiques¹³⁶

La **tarification effective du carbone** lié à la combustion d'énergie par les entreprises était en 2022 de 83 €/tCO₂¹³⁷. Les émissions de procédés de l'industrie sont en grande majorité couvertes par le système de quotas ETS, à un prix moyen de 81 €/tCO₂éq en 2022. Les émissions de GES non CO₂ issues de l'agriculture ne sont quant à elles pas tarifées.

La **loi industrie verte** vise à accélérer la production de technologies vertes indispensables à la transition, comme le solaire, l'éolien, les batteries, les pompes à chaleur, par des dispositifs de simplification réglementaires, de soutien (crédit d'impôt) et de réorientation de l'épargne privée vers le financement de la transition.

De nombreuses initiatives en majorité **subventionnelles** en faveur du verdissement de l'industrie sont en place :

- L'État consacre des moyens importants à la compétitivité verte. Cela inclut notamment France 2030, pour un montant total de la mission de 54 Md€ d'ici à 2030, avec des volets transports, décarbonation de l'industrie et hydrogène, agriculture et agroalimentaire (phytosanitaires), le crédit d'impôt pour la décarbonation de l'industrie, et des garanties de Bpifrance.
- Les appels à projet « décarbonation » de France Relance (pilotes par l'ADEME) ont octroyé en 2023 des aides et financement en faveur du développement de la chaleur bas-carbone, de l'efficacité énergétique et de la décarbonation des procédés. Sans qu'il s'agisse à proprement parler d'une subvention publique, mais d'une participation des énergéticiens aux économies d'énergie, les entreprises industrielles sont éligibles au dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE)¹³⁸. Elles peuvent ainsi bénéficier d'un soutien financier pour mener des actions d'efficacité énergétique.

¹³⁵ [Règlement du parlement européen et du conseil](#) modifiant le règlement (UE) 2019/631 en ce qui concerne le renforcement des normes de performance en matière d'émissions de CO₂ pour les voitures particulières neuves et les véhicules utilitaires légers neufs conformément à l'ambition accrue de l'Union en matière de climat

¹³⁶ La distinction de l'incidence des instruments de décarbonation entre acteurs économiques (entreprises et ménages) est illustrative : certaines mesures s'appliquent formellement aux entreprises mais ont des conséquences directes pour les ménages.

¹³⁷ CGDD (2023) « [La tarification effective de l'énergie et du carbone en France en 2022](#) », Document de travail.

¹³⁸ Une description du dispositif des CEE est disponible à l'adresse suivante : <https://www.ecologie.gouv.fr/dispositif-des-certificats-deconomies-denergie>

- La Commission Européenne dispose également de nombreux programmes d'investissements qui peuvent financer des technologies bas-carbone. Les programmes mis en place incluent l'Innovation Fund, Horizon Europe, LIFE Clean Energy Transition et InvestEU représentent un total de près de 58 Md€ sur la période 2021-2027 pour l'Union Européenne.¹³⁹ Le cadre européen permet aux États de financer des plans d'investissements sectoriels de manière coordonnée via des projets importants d'intérêt européen commun (« PIIEC »).¹⁴⁰

Des dispositifs de **garanties, partage du risque et financement en fonds propres** existent également ou sont en cours de création.

Dans le cadre de la stratégie industrie verte, Bpifrance déploie sept leviers de financement de la décarbonation des TPE, PME et ETI industrielles. Les principaux dispositifs mis en place sont les suivants :

- Les garanties vertes ciblent les projets de transition énergétique. La garantie couvre 80 % du prêt pour une durée de 10 ans.
- Des prêts verts sont octroyés par Bpifrance et l'ADEME. Les prêts industrie verte ciblent spécifiquement les plus grosses industries.
- Deux facilités de financement en fonds propres existent également.

A ces dispositifs pilotés par Bpifrance s'ajoutent les prêts participatifs et obligations « transition » (PPT/OT), en cours de création.

De multiples **normes et standards** régulent les émissions de GES dans l'industrie, directement ou indirectement. Plusieurs directives européennes, telles que la directive sur les émissions industrielles, qui établit les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF) ou les directives sur la prévention et le contrôle de la pollution, sur les composés organiques volatils, sur les grandes installations de combustion, sur les déchets, Seveso, les énergies renouvelables, la fiscalité de l'énergie, et l'efficacité énergétique ont des implications pour les procédés que les entreprises industrielles peuvent adopter. Les constructeurs de véhicules sont également soumis à des normes contraignantes de performance en matière d'émissions de CO₂. Hors industrie, les entreprises dont la flotte est de plus de 100 véhicules particuliers sont soumises à un objectif de verdissement, devant conduire à 70 % de véhicules à faibles émissions dans le flux de renouvellement en 2030.

Les principales **obligations et interdictions** encadrant les pratiques des entreprises sont les suivantes :

- **La proposition de règlement de la Commission européenne relatif aux émissions de GES fluorés** en avril 2023 doit permettre de relever les cibles d'élimination des HFC à horizon 2050, et d'aligner la règlement (UE) n°517/2014 avec l'Amendement de Kigali au Protocole de Montréal, voté en 2016. À terme, la réforme du système de quotas pesant sur les émissions de HFC doit conduire à une réduction de 98 % de leur incidence.
- La vente de nouveaux véhicules à moteur thermique est interdite à partir de 2035 (cf. Encadré 7).
- Les entités fonctionnelles du tertiaire de plus de 1 000 m² sont soumises au dispositif éco-énergie-tertiaire, qui impose des objectifs de réduction de leur consommation énergétique : -40 % d'ici 2030, -50 % d'ici 2040 et -60 % d'ici 2050.

¹³⁹ Commission européenne (2023), "Investment needs assessment and funding availabilities to strengthen EU's Net-Zero technology manufacturing capacity", Commission Staff Working Document.

¹⁴⁰ European Parliament (2022), « Important projects of common European interest : State of play ».

TABLEAU 2
Analyse comparative des instruments de décarbonation

Critère d'évaluation		Instruments fondés sur le marché				Autres instruments			
		Tarification carbone		Prix non carbone		Réglementation (cibles d'émission, normes)	Information	Intervention publique (investissements publics, commande publique)	
		Taxes (taxes carbone, accises sur les énergies, etc.)	Marchés de quotas échangeables (ETS)	Autres taxes sur les biens et services	Subventions				Bonus-malus
Potentiel d'atténuation		Élevé (coût-efficacité du signal-prix, incitation continue à réduire les émissions résiduelles)		Élevé si le bien ou service taxé est un bon proxy des émissions, faible sinon	Modéré selon les modalités (risque d'effets d'aubaine) et l'articulation avec les autres dispositifs d'atténuation (possible effet rebond), ne pénalise pas le brun	Élevé à modéré selon les modalités (risque d'effets d'aubaine) et l'articulation avec les autres dispositifs d'atténuation (possible effet rebond).	Élevé à modéré (forte visibilité et prévisibilité, peut être efficace pour imposer les solutions bas-carbone mais possible effet rebond)	Difficile à estimer	Modéré selon la nature de l'intervention, ne pénalise pas le brun
Effets macro-économiques à court terme	Mécanismes macro-économiques	Choc d'offre négatif par la hausse des prix, impact atténué selon le recyclage des recettes			Choc d'offre ou de demande positif par la baisse des prix pour les acteurs ciblés, impact atténué par le financement	L'impact dépend des effets de réallocation, peut augmenter les coûts	L'instrument crée des frictions en contraignant les choix des entreprises (lock in technologique par exemple), coûts indirects (incidence sur les prix) mais peut donner de la prévisibilité aux acteurs,	L'impact dépend des effets de réallocation	Choc de demande positif pour les secteurs ciblés, impact atténué par le financement
	Impact sur les prix de l'énergie	Prix plus élevés, avec une propagation large à l'économie		Prix plus élevés, avec une propagation moins large à l'économie	Prix plus faibles si ciblage du secteur de l'énergie, limité sinon	Limité, dépend du coût moyen du nouveau mix énergétique (e.g. positif si basculement induit vers des sources d'énergie plus coûteuses)		Prix plus faibles si soutien à l'offre énergétique bas-carbone, limité sinon	
	Impacts budgétaires	Recettes			Dépenses (potentiellement non plafonnées)	Dépend des calibrages et des changements de comportement effectivement observés	Limité (effets indirects sur la compétitivité et la profitabilité difficiles à mesurer)	Limité	Dépenses
	Compétitivité des secteurs d'activité	Pénalise les secteurs intensifs en émission, et exposés au commerce sans lutte contre les fuites de carbone (MACF, coordination internationale accrue) Incite les entreprises ciblées à innover, augmenter leur efficacité énergétique à moyen terme (cas des ETS)		Neutre si les importations sont aussi taxées	Soutien aux entreprises ciblées	Pénalise les entreprises concernées par le malus et avantage celles concernées par le bonus	Pénalise les secteurs concernés en les soumettant à des normes plus strictes que les entreprises étrangères, mais peut inciter à innover si elle est anticipée	Neutre, si coûts de mise en place faibles	Peut aider les entreprises nationales si critères géographiques (non conformes aux règles de l'OMC)
Effets redistributifs		Régressivité relative (en % du revenu) si recyclage des recettes non ciblé			Régressivité absolue (en €) si non associées à des conditions de revenu	Régressivité possible si non associée à des conditions de revenu, car capacité d'adaptation inférieure pour les acteurs plus modestes		Neutre	Difficile à estimer
Charge administrative (faisabilité pratique)		Faible	Modérée (surveillance du marché au niveau européen par la Commission)	Modérée (ciblage sectoriel)	Faible à modérée (mais nécessite un suivi fin pour favoriser l'efficacité de la dépense)	Faible à modérée	Elevée (surveillance de l'application des normes), plus difficile à modifier une fois en place	Modérée (certaines informations ou certifications peuvent être coûteuses)	Facile à mettre en place
Acceptabilité (réception par l'opinion)		Faible due à l'inflation et à l'absence ressentie d'information sur la redistribution des recettes ou sur la visée environnementale et non fiscale de la taxe			Élevée (réduit les coûts pour les bénéficiaires)	Plutôt élevée (le malus s'apparente à une taxe)	Faible pour les interdictions, malgré l'effet prix non ressenti Plutôt élevée pour les standards (coûts peu visibles)	Elevée	Plutôt élevée

Source : adapté du [Rapport thématique Modélisation, Incidences économiques de l'action pour le climat](#).

2.4 Appréhender l'action publique de décarbonation dans sa globalité et sur le temps long

Si la combinaison d'instruments choisie détermine *in fine* les coûts et leur partage entre les différents agents économiques, disposer d'une vision complète de la distribution des coûts des politiques de transition est un exercice particulièrement difficile. Donner un prix au carbone conduit en effet à une distribution diffuse des coûts de la décarbonation sur l'ensemble des agents économiques : ménages, entreprises, mais aussi administrations publiques. Dès lors, deux difficultés apparaissent pour qui souhaite connaître la répartition des coûts parmi les différents acteurs. Premièrement, les coûts associés aux actions de décarbonation sont mal connus (voir sections 2.1 et 2.2 ci-dessus). Deuxièmement, les coûts supportés par un agent sont en partie répercutés sur d'autres agents selon des canaux de transmission complexes et parfois difficiles à mesurer. Ainsi, le coût de la décarbonation d'un logement ne pèse pas uniquement sur son propriétaire, mais peut être en partie transmis aux locataires (via des augmentations de loyers) ou aux futurs acquéreurs du bien (via une augmentation du prix du logement). La complexité augmente à mesure que la palette d'instruments mobilisés s'accroît, avec les interactions à prendre en compte entre les différents instruments. Enfin, le ciblage de la dépense publique vers certains ménages ou entreprises, s'il est justifié pour pallier par exemple les effets régressifs de la tarification du carbone ou améliorer l'acceptation sociale de la politique climatique (voir section 2.5 ci-dessous), nécessite à nouveau une analyse fine des effets induits, et en particulier des effets d'aubaine, des effets rebonds, et des effets inflationnistes sur l'offre bas-carbone. Ce rapport, ainsi que la version finale qui sera publiée en 2024, contribuera dans la mesure du possible à améliorer la connaissance de ces coûts pour l'économie française.

La planification écologique vise à assurer la cohérence et l'efficacité d'une action publique d'ampleur s'appuyant sur une pluralité d'instruments, impliquant de nombreux acteurs, et s'inscrivant dans le temps long. Comprise comme une organisation de l'action publique et privée sur le temps long pour atteindre des objectifs de réduction d'émissions, la démarche de planification écologique, mise en œuvre en France sous l'autorité de la Première ministre, vise à mettre en cohérence les leviers sectoriels de décarbonation avec les contraintes transversales tels que les contraintes physiques sur la biomasse ou la production d'électricité bas carbone. La planification écologique englobe des enjeux au-delà de la décarbonation, notamment la préservation des ressources, la biodiversité, l'adaptation et la santé. Le besoin de planification est également évident pour les enjeux de long terme liés aux infrastructures, tels que l'avenir des réseaux de gaz, ou de dimensionnement d'infrastructures de transport d'hydrogène ou de transport et stockage de CO₂. La démarche de planification écologique menée par la France n'est pas antinomique avec les mécanismes de marché. L'approche adoptée dans le présent rapport consiste à éclairer les domaines de pertinence des instruments de marché, et ceux où une approche plus globale semble nécessaire de manière complémentaire voire alternative, en s'appuyant sur l'identification et l'analyse des défaillances de marché.

2.5 Une grille d'analyse des politiques climatiques incluant les coûts d'abattement est utile au bon calibrage de l'action publique

Le budget vert annexé au Projet de loi de finances pour 2024 présente pour la première fois un chapitre relatif aux coûts d'abattement des actions de décarbonation, réalisé par la DG Trésor¹⁴¹. Les coûts d'abattement permettent d'éclairer les choix de transition dans le but de sélectionner une trajectoire de décarbonation la plus coût-efficace possible et ainsi de réduire le coût global de la transition, mais ils ne doivent pas être les seuls critères de décision. Les coûts d'abattement doivent s'insérer dans une grille d'analyse complète intégrant des indicateurs complémentaires à la fois quantitatifs et qualitatifs (cf. Encadré 9).

Les coûts d'abattement sont des indicateurs utiles à l'évaluation ex ante des politiques climatiques. La décarbonation repose sur des gestes variés : changer son véhicule thermique pour un véhicule électrique, isoler ses combles, convertir le système de chauffage d'une usine, etc. Chaque geste permet d'éviter des émissions de gaz à effet de serre (en inventaire ou en empreinte) pour un certain coût économique (positif ou négatif selon les cas). Le coût d'abattement d'un geste donné est le surcoût qui permet d'éviter l'émission d'une tonne d'équivalent CO₂ grâce à ce geste. Le coût d'abattement rapporte les surcoûts (nets des bénéfiques autres que la réduction des émissions de GES) d'un levier de décarbonation à la réduction des émissions de gaz à effet de serre sur sa durée de vie, par rapport à un système de référence à usage ou production équivalente (*statu quo*). Il doit être calculé de façon simultanée avec le potentiel d'abattement (émissions de GES si geste réalisé – émissions de GES dans le *statu quo*). Les coûts d'abattement permettent en théorie de hiérarchiser les leviers réduisant le plus d'émissions de GES à coût donné, mais ils doivent être complétés par l'analyse d'autres facteurs.

La mesure des coûts et du potentiel d'abattement nécessite de connaître un grand nombre d'informations et de formuler des hypothèses, parfois incertaines : elle doit être améliorée. Le calcul du différentiel de coûts inclut l'investissement initial associé au levier technique (e.g. coût de l'installation d'une pompe à chaleur en remplacement d'une chaudière au fioul), ainsi que la différence de coûts à l'utilisation (e.g. différence de facture énergétique entre une pompe à chaleur et une chaudière au fioul). Le périmètre peut également inclure le différentiel de coûts de maintenance, divers coûts cachés (e.g. indisponibilité d'une partie de la maison durant les travaux), voire des coûts d'autre nature (e.g. effets sur la santé). Ces chiffrages reposent eux-mêmes sur des hypothèses sous-jacentes, comme l'effet rebond, la trajectoire des coûts des différents vecteurs énergétiques au cours du temps, ou la température de consigne du chauffage. Pour estimer la pertinence socio-économique d'un geste, il convient d'inclure à la fois les coûts portés par les acteurs privés et la puissance publique ainsi que les coûts externes pour la société. De plus, il est nécessaire de choisir une durée de référence et un taux d'actualisation (privé ou socio-économique) pour capter le caractère intertemporel du levier. De manière équivalente, le calcul du potentiel d'abattement repose sur un ensemble de conventions (e.g. inventaire ou empreinte¹⁴², approche agrégée ou marginaliste¹⁴³) et d'hypothèses (e.g. qualité de l'isolation, évolution du mix énergétique au cours du temps). Enfin, une dernière source d'incertitude réside dans les données elles-mêmes (e.g. facteur d'émission du fioul, efficacité de la pompe à chaleur). En retenant les mêmes hypothèses et en utilisant les mêmes conventions, et dans la limite de l'ensemble des incertitudes (parfois conséquentes) induites par la méthode de calcul et les

¹⁴¹ PLF 2024. « La 4ème édition du budget vert »

¹⁴² Un calcul en empreinte inclut les émissions importées (nettes des émissions exportées), contrairement à un calcul en inventaire qui ne compte que les émissions territoriales.

¹⁴³ Un exemple illustratif : le remplacement massif de chaudières au fioul par des pompes à chaleur (PAC) augmenterait la demande d'électricité, ce qui pourrait hypothétiquement conduire à l'importation d'électricité plus carbonée en cas de déséquilibre offre-demande. Une approche marginaliste affecterait alors ces émissions à la dernière PAC installée, tandis qu'une approche agrégée les répartirait sur l'ensemble des PAC installées.

données, les coûts d'abattement peuvent permettre de comparer l'efficacité de leviers techniques semblables (cf. Graphique 4). Des travaux comme ceux de la commission Criqui visent à améliorer la connaissance des coûts d'abattement des leviers techniques, mais ils restent encore insuffisamment connus et utilisés, et la comparaison entre secteurs n'est pas systématiquement possible. La connaissance des coûts d'abattement doit ainsi être améliorée.

Les subventions en faveur de la décarbonation doivent être analysées au regard du coût d'abattement du geste visé et de leur effet déclencheur, ainsi que de multiples autres critères.

Quand une subvention permet de déclencher des gestes de décarbonation qui n'auraient pas eu lieu sans elle, on parle d'un effet déclencheur. À l'inverse, dans l'hypothèse où le geste aurait été réalisé de toute façon, on parle d'un effet d'aubaine pour le bénéficiaire. Dans ce cas, la subvention n'a pas d'effet sur la réduction d'émissions, et peut même avoir un effet inflationniste sur le coût des gestes en question. Elle peut toutefois se justifier si elle répond à une logique redistributive assumée. L'effet déclencheur aura lieu (en l'absence de défaillances de marché non climatiques) si la subvention permet de rendre positive la rentabilité du geste de décarbonation pour l'acteur considéré, alors qu'elle serait négative sans subvention. L'effet déclencheur dépend aussi des défaillances de marché non climatiques associées au geste de décarbonation envisagé (e.g. contraintes de crédit, externalités de connaissance). Ainsi, une subvention peut avoir un effet déclencheur en améliorant la rentabilité d'un geste de décarbonation, et en corrigeant les effets des défaillances de marché qui freinent ces gestes, quand bien même ils seraient coût-efficaces (i.e. avec un coût d'abattement associé au geste relativement faible). L'effet déclencheur nécessite d'être étudié finement, par exemple au regard de la littérature académique évaluant des dispositifs similaires, en France ou à l'étranger. Enfin, ces analyses doivent tenir compte de l'hétérogénéité socio-économique des effets des différentes mesures, qui peuvent parfois être associées soit à un effet d'aubaine soit à un effet déclencheur selon les caractéristiques des ménages ciblés.

Les stratégies de décarbonation pensées par la puissance publique doivent s'inscrire dans une grille d'analyse considérant les instruments de politique publique disponibles, et anticipant les effets indirects, notamment les risques de verrouillage technologique, les co-bénéfices et antagonismes, et les enjeux distributifs. Les subventions en faveur de la décarbonation s'inscrivent dans un contexte normatif qui affectera leur mise en œuvre et leurs effets, et elles ne seront efficaces que si les différentes mesures (tarification carbone, réglementation, subventions) sont cohérentes entre elles. Un tel contexte peut affecter sensiblement voire annihiler un hypothétique effet déclencheur. Par exemple, le niveau des subventions pour l'installation de pompes à chaleur doit être évalué au regard des autres mesures qui poussent déjà les ménages à en installer, comme par exemple l'interdiction d'installation de nouvelle chaudière au fioul, de location des passoires thermiques ou encore le niveau de la tarification du gaz par rapport à l'électricité. De plus, il faut anticiper au mieux les risques de verrouillage technologique (*lock-in*), c'est-à-dire le fait qu'un investissement dans une solution réduisant les émissions de GES soit défavorable à un investissement ultérieur dans une solution encore moins émettrice. Enfin, chaque geste peut induire des effets indirects, qui peuvent être vertueux, les co-bénéfices, ou néfastes, les antagonismes. Par exemple, l'isolation d'une passoire énergétique chauffée au gaz permet de lutter contre la précarité énergétique et de réduire la pollution locale (co-bénéfices) du fait de la moindre consommation de gaz. Enfin, afin de garantir une transition juste, les effets redistributifs sont à anticiper et mesurer.

Les stratégies de décarbonation doivent considérer les enjeux de bouclage. En complément de l'étude du coût et du potentiel d'abattement, de l'effet déclencheur et de l'ensemble des critères d'analyse présentés ci-dessus, il est crucial d'évaluer *ex-ante* la faisabilité d'une politique publique de décarbonation, notamment au regard des bouclages physiques relativement à l'usage de ressources limitées (telles que l'électricité, la biomasse, les matières, la surface au sol) et de l'offre technique disponible (e.g. contraintes de main d'œuvre dans le secteur de la rénovation).

ENCADRÉ 9

Le référentiel ABCDE des coûts d'abattement et exemple d'application à la rénovation énergétique

Le tableau ci-dessous propose un nouveau référentiel – dit ABCDE – pour analyser les dépenses publiques en faveur de la transition écologique. Il s'agit d'une grille d'analyse intégrant les coûts d'abattement et des indicateurs complémentaires à la fois quantitatifs (e.g. potentiel d'abattement, effet déclencheur, bouclage, partage public/privé des surcoûts financiers) et qualitatifs (e.g. défaillances de marché, cohérence des mesures, autres effets indirects) qui sont importants à considérer pour évaluer la pertinence et le bon paramétrage d'une dépense en faveur de la transition.

TABLEAU 3
Principe du référentiel ABCDE

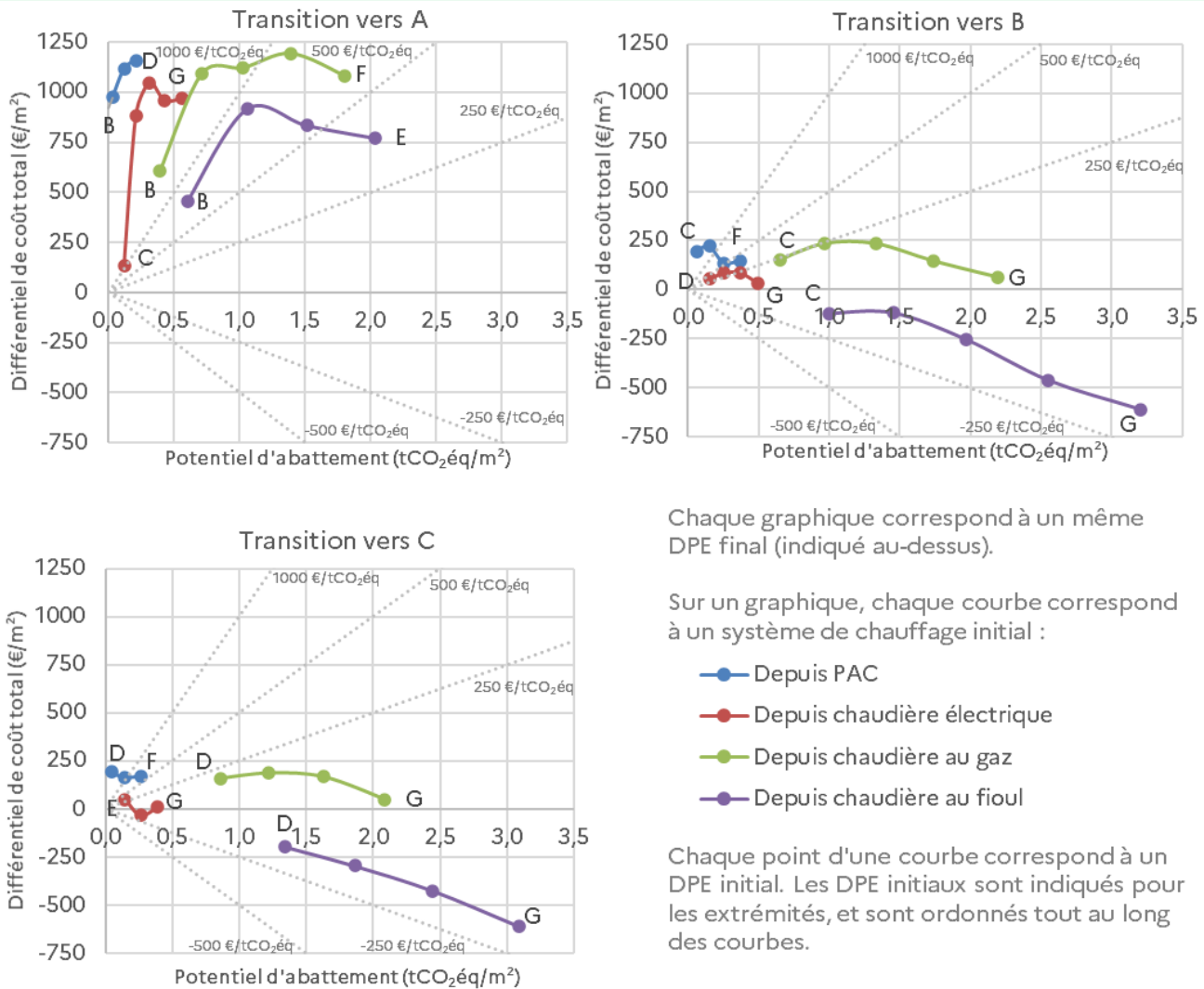
Critère	Principe	Exemple illustratif des effets à considérer pour une hypothétique subvention de soutien à la conversion de chaudières au fioul en pompes à chaleur (PAC)
Abattement	Quel sont les coûts d'abattement et le potentiel d'abattement du geste encouragé par le dispositif ?	Coût d'abattement financier : Différentiel de coût, soit CAPEX (investissement initial dans la PAC) + OPEX (différentiel de facture énergétique, différentiel de coûts de maintenance) Potentiel d'abattement : différence entre les émissions induites par le chauffage au fioul et par l'électricité de la PAC, y compris effet rebond, en inventaire ou empreinte
Bouclages	Le dispositif accroît-il l'usage de ressources limitées et essentielles à la transition ?	Bouclage physique : tension supplémentaire sur la production d'électricité, notamment lors des pics de consommation en hiver
Cohérence	Le dispositif est-il cohérent avec la stratégie de décarbonation ?	D'autres mesures existantes ou planifiées incitent déjà à l'installation d'une PAC (e.g. MaPrimeRénov', les CEE, l'interdiction de location de passoires thermiques, la composante carbone) tandis que l'installation de nouvelle chaudière au fioul est interdite
Déclenchement	Le dispositif permettra-t-il de effectivement de déclencher les gestes attendus ?	Du fait du niveau et de la volatilité des prix du fioul, les ménages qui le peuvent pourraient choisir spontanément d'investir dans une PAC. Pour éviter un effet d'aubaine , le dispositif pourrait être ciblé en priorité sur les ménages plus modestes pour lesquels l'additivité de la dépense publique associée pourrait être meilleure, s'ils sont davantage sujets à des défaillances de marché non-climatiques .
Effets indirects	Quels sont les autres effets induits et sont-ils désirables ?	Risque de verrouillage technologique (lock-in) : peut désinciter un raccordement ultérieur à un réseau de chaleur urbain dans certaines zones denses. Autres effets indirects socio-économiques : lutte contre la précarité énergétique, diminution des pollutions locales, confort d'été, amélioration de la balance commerciale dans le cas de PAC produites en France.

Le graphique ci-dessous illustre le fait que les coûts d'abattement des gestes peuvent donner une indication sur leur efficacité, mais ne suffisent pas à les hiérarchiser. Il montre ainsi, à DPE final donné, comment le potentiel d'abattement et le surcoût total évoluent selon le DPE et le système de chauffage initiaux : de manière générale, ils sont tous deux plus élevés lorsque le DPE final est plus performant. En moyenne, les coûts d'abattement associés à une transition depuis un DPE G vers un DPE B (isolation + conversion vers une pompe à chaleur - PAC) sont

peu différents selon que le mode de chauffage initial soit une chaudière électrique ou une chaudière à gaz (entre 0 et 50 €/tCO₂éq), alors que les potentiels d'abattement associés sont très éloignés (0,5 tCO₂éq/m² depuis une chaudière électrique, 2,2 tCO₂éq/m² depuis une chaudière à gaz)). Le passage vers la classe A du DPE implique en moyenne un surcoût nettement plus important que pour les autres DPE finaux, ce qui traduit notamment le fait que les gestes restants sont généralement les plus onéreux.

GRAPHIQUE 4

Décomposition des coûts d'abattement de différentes rénovations énergétiques (isolation + conversion vers pompe à chaleur)



Lecture : si l'on considère un DPE final et un système de chauffage initial, alors en suivant la courbe correspondante, on illustre de combien le différentiel de coût et le potentiel d'abattement (et donc leur ratio, le coût d'abattement) évoluent lorsque le DPE initial augmente. Prenons l'exemple d'une transition depuis un DPE de D vers un DPE de C avec un chauffage final à la PAC : le sous-graphique du bas illustre que les coûts d'abattement sont d'autant plus faibles que le vecteur initial de chauffage est carboné (fioul : -250€/m², puis gaz : 200€/m², puis PAC : 250€/m²) ; le sous-graphique illustre également que les potentiels d'abattement sont les plus forts pour les modes de chauffage initiaux les plus carbonés. Le coût d'abattement est d'autant plus élevé que la performance du logement avant rénovation est élevée, ce qui suggère des coûts d'abattement moins attractifs pour l'isolation des passoires que des logements déjà relativement performants.

Source : Budget vert 2024, Calculs DG Trésor¹⁴⁴.

¹⁴⁴ Cette analyse a été réalisée en utilisant un taux d'actualisation de 3,2 %, un effet rebond de 20 %, des coûts non-monnaïres de rénovation (e.g. coûts de collecte d'information, désagrément des travaux) s'élevant à 50 % de

2.6 Les politiques de décarbonation ont des effets redistributifs importants, qu'il convient de maîtriser à l'aide de politiques d'accompagnement

Les politiques de transition vont affecter les ménages de manière différenciée, selon leur situation, ce qui peut nécessiter des politiques d'accompagnement. Les ménages sont exposés à des effets directs (e.g. prix des énergies, acquisition de biens bas-carbone) et à des effets de bouclage macroéconomiques (e.g. potentiels effets inflationnistes de la transition¹⁴⁵, transformation du marché du travail¹⁴⁶). En l'absence d'accompagnement, les politiques de transition comme la tarification du carbone ou certaines réglementations peuvent être régressives, mais cet impact peut être en partie compensé par des mesures d'accompagnement. L'accompagnement des ménages dans la transition doit être apprécié dans son ensemble : au-delà des mesures d'accompagnement directes (e.g. subvention pour la rénovation thermique), l'accompagnement peut être indirect, et passer par des changements dans le système socio-fiscal en faveur des ménages (e.g. baisse de la fiscalité, augmentation des prestations sociales) ou la politique macroéconomique. La présente section résume les principaux enjeux redistributifs de la transition bas-carbone, qui ont notamment été analysés dans un rapport thématique de la mission France Stratégie pilotée par Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz¹⁴⁷. Ces enjeux seront approfondis dans un chapitre du rapport final « Enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone » de la DG Trésor, qui sera publié fin 2024.

Les politiques de transition peuvent avoir un effet direct régressif du fait de la structure des dépenses des ménages. L'empreinte carbone des ménages est globalement croissante avec le revenu, bien qu'il existe des disparités entre études sur la distribution des émissions entre les différents déciles de revenu (cf. Graphique 5)¹⁴⁸. Néanmoins, une taxe carbone représente spontanément un coût direct relativement plus important pour les ménages modestes, qui consacrent une part plus importante de leur revenu à la consommation de biens intensifs en émissions, en particulier au chauffage et au transport¹⁴⁹. Cela peut avoir des effets délétères

l'investissement initial et une durée de référence de 20 ans, sur un périmètre inventaire, en recourant à des trajectoires de prix et de facteurs d'émission des différents vecteurs énergétiques constants au cours du temps (en adéquation avec les travaux de la Commission Criqui).

Sources : Prix de l'énergie 2018 (hypothèses de la Commission Criqui) ; les hypothèses de coût ont été collectées et partagées par le Cired sur la base de données récentes. Les hypothèses de coût d'isolation expriment le coût unitaire moyen (en €/m²) de l'isolation d'une partie de l'enveloppe (mur, toit, fenêtres ou sol) à un niveau de transmission thermique (coefficient U) égal à la transmission thermique moyenne d'un logement B (ADEME 2019, Enertech 2021, Observatoire BBC 2021). Les hypothèses de coût d'un changement de système de chauffage sont issues de données RTE-ADEME de 2020. Les données primaires sur le stock de logements résidentiels ont été construites par le SDES à partir de la base DPE de l'ADEME sur la période 2017-2018 et correspondent à la représentation du parc en 2018. Elles ont été retraitées par le Cired à l'aide du Building Energy Model pour attribuer aux logements des caractéristiques plus précises sur la performance des divers éléments de leur enveloppe. Les DPE des logements y sont exprimés en fonction de la définition pré-réforme de 2021 (critère énergie uniquement). Ces hypothèses de coût et de stock ont été mises en commun par la DG Trésor pour obtenir des hypothèses de coût moyen par transition de DPE et de système de chauffage ; les intensités carbone des différents vecteurs énergétiques sont issues de la Base Empreinte de l'ADEME.

¹⁴⁵ Dees S. et al. (2023) rapport thématique « [Inflation](#) » rattaché à la mission France Stratégie « Les incidences économiques de l'action pour le climat » pilotée par J. Pisani-Ferry et S. Mahfouz.

¹⁴⁶ Hentzen C., Orand M. et al. (2023) rapport thématique « [Marché du travail](#) » rattaché à la mission France Stratégie « Les incidences économiques de l'action pour le climat » pilotée par J. Pisani-Ferry et S. Mahfouz.

¹⁴⁷ Marcus V. et al. (2023), rapport thématique « [Enjeux redistributifs](#) » rattaché à la mission France Stratégie « Les incidences économiques de l'action pour le climat » pilotée par J. Pisani-Ferry et S. Mahfouz.

¹⁴⁸ Les études comme celles de [Pottier et al. \(2020\)](#), attribuent les émissions en proportion de la dépense des ménages pour différents postes de consommation, ce qui peut surestimer l'empreinte carbone des plus aisés, qui achètent en moyenne des biens analogues plus cher. L'étude du Citepa interroge les ménages sur la quantité consommée, ce qui permet de surmonter ce biais, mais pose d'autres difficultés méthodologiques.

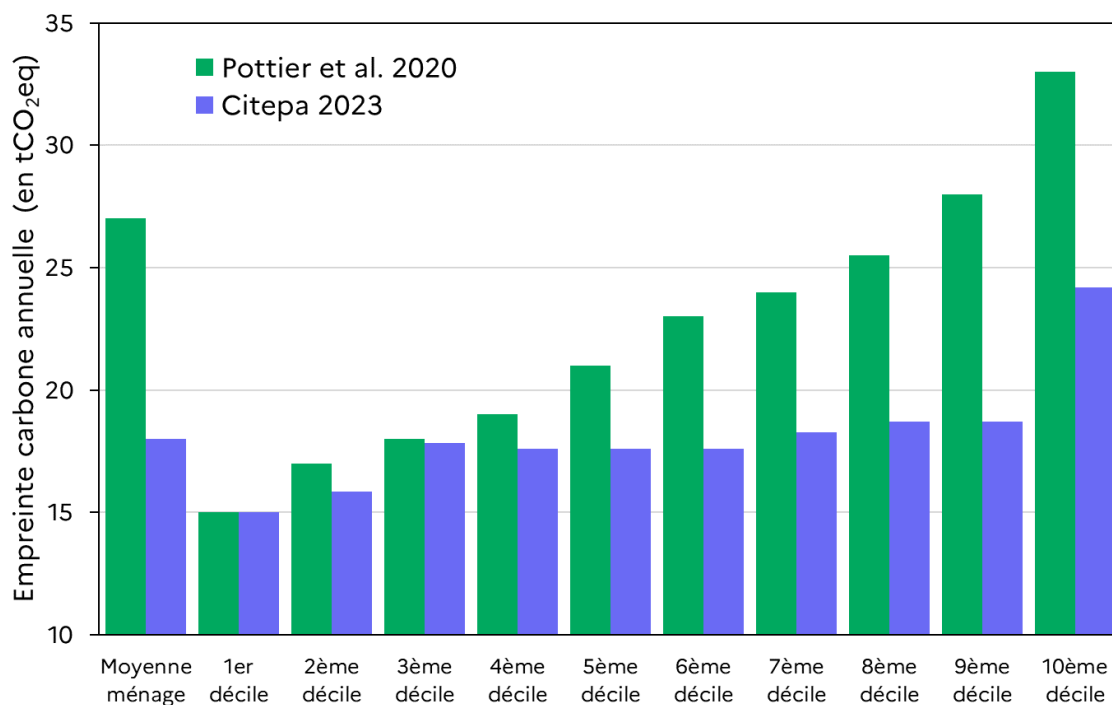
¹⁴⁹ Voir par exemple les modélisations réalisées par le CGDD avec le modèle Prometheus, ou Douenne T. (2018), « Les effets redistributifs de la fiscalité carbone en France », note de l'Institut des Politiques Publiques (IPP).

notamment sur la précarité énergétique. En termes absolus cependant, les ménages aisés contribuent davantage aux recettes d'une taxe carbone.

D'autres sources d'hétérogénéité, au-delà du revenu, jouent également un rôle important, et les différences d'exposition peuvent être plus prononcées au sein d'un même décile de revenu qu'entre déciles. D'autres facteurs (e.g. localisation, équipement de chauffage) ont une influence sur les niveaux d'émissions. À titre d'illustration, un ménage actif du premier décile en zone rurale émet autant qu'un ménage urbain du sixième décile, du fait de l'utilisation de la voiture individuelle pour les trajets domicile-travail, et est donc davantage affecté par la fiscalité carbone¹⁵⁰.

La situation des ménages influe également sur leur capacité d'adaptation aux politiques de transition, à court terme et à long terme. L'évaluation doit ainsi distinguer l'impact à *court terme* d'une politique, qui peut entraîner un surcoût pour les ménages contraints par leur situation actuelle, que ce soit leur localisation ou leur équipement de chauffage, de l'impact à plus *long terme*, dans la mesure où les ménages peuvent prendre en compte des coûts dans les choix futurs de localisation, entreprendre des travaux de rénovation ou acheter un véhicule moins polluant. La communication et la clarté dans les politiques publiques sont essentielles pour permettre aux ménages de les intégrer au plus tôt dans leurs décisions d'investissement. Certaines situations rendent délicates la réduction des émissions des ménages, qui sont étudiées dans le Chapitre 4 de ce rapport dédié à la rénovation des logements. Par exemple, un ménage locataire peut être en mesure de modérer sa consommation d'énergie de chauffage en jouant sur la température de consigne, mais ne peut décider unilatéralement de mettre en place des travaux d'isolation ou de changer le système de chauffage. Des contraintes de financement, notamment pour les ménages modestes, peuvent également rendre difficile d'investir dans des systèmes énergétiques plus efficaces.

GRAPHIQUE 5
Empreinte carbone moyenne des ménages français



Source : [Pottier et al. \(2020\) « Qui émet du CO₂ ? Panorama Critique des inégalités écologiques en France »](#) ; [Citepa \(2023\) « Répartition de l’empreinte carbone des Français »](#).

¹⁵⁰ France Stratégie (2023), « Les incidences économiques de l'action pour le climat » de J. Pisani-Ferry et S. Mahfouz.

Des mesures réglementaires, ciblant par exemple l'efficacité énergétique des véhicules ou le type d'énergie de chauffage, ont également un effet distributif qu'il convient d'appréhender. Selon le type d'actifs visé par la réglementation, les catégories de ménages touchés sont différentes : par exemple, les revenus des ménages se chauffant au fioul sont représentatifs de ceux de la population générale, alors que les ménages modestes sont surreprésentés parmi les propriétaires de véhicules Crit'Air 4 et 5¹⁵¹. Les normes peuvent également se traduire par des effets sur les prix. Les normes imposant un standard d'efficacité énergétique sur les moteurs, si elles permettent des économies d'émissions, ont pu contribuer à renchérir le coût d'acquisition des véhicules pour les plus modestes¹⁵². De même, les standards d'efficacité dans la construction de bâtiments en Californie ont eu un effet négatif sur les plus modestes et se sont traduits par une réduction de la surface de leurs logements¹⁵³.

La mise en place de politiques d'accompagnement permet de compenser en partie les effets de certaines mesures sur les ménages, bien qu'il puisse être difficile en pratique de cibler l'accompagnement. En France, l'accompagnement des ménages passe par des subventions à certains biens ou services, qui sont en partie conditionnées au revenu des ménages (cf. Encadré 10). Un défi majeur dans la conduite des politiques publiques est de bien cibler l'accompagnement au-delà du critère de revenus. Cibler l'accompagnement sur le revenu ne suffit en effet pas à compenser les effets distributifs « horizontaux », à l'intérieur d'un décile de revenu, ce qui nécessite de pouvoir identifier les ménages les plus exposés. La conception des politiques publiques doit également veiller à l'articulation entre les effets à *court* et *long terme*, en accompagnant les ménages dont la capacité d'adaptation à court terme est limitée, tout en préservant leur incitation à décarboner. Il s'agit d'éviter de créer des « trappes à pollution », définies comme une combinaison d'aides n'incitant pas assez les ménages à réduire leurs émissions, soit par l'adoption de comportements plus sobres, soit par l'investissement dans des systèmes de transport et de chauffage bas carbone.

¹⁵¹ La classification Crit'Air s'appuie sur les émissions de polluants atmosphériques et pas sur les émissions de gaz à effet serre. L'exemple montre toutefois que les réglementations environnementales en général peuvent avoir des effets régressifs.

¹⁵² Levinson A. (2019), "Energy Efficiency Standards Are More Regressive Than Energy Taxes: Theory and Evidence", *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*.

¹⁵³ Bruegge C., Deryugina T., Myers E. (2019), "The Distributional Effects of Building Energy Codes", *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*.

ENCADRÉ 10

Les subventions aux ménages pour la transition ciblées vers les ménages aux revenus modestes

Les subventions aux ménages pour des gestes de transition sont **souvent conditionnées au revenu ou renforcées pour les plus modestes**. Le ciblage des aides vers les plus modestes dans le cadre de la transition bas carbone repose sur les justifications économiques suivantes :

- Les ménages aux revenus modestes sont possiblement caractérisés par un taux d'actualisation plus élevé, des contraintes de liquidité, des contraintes de crédit, qui mettent en cause la faisabilité de la transition.
- Quand l'alternative bas-carbone est rentable de façon privée, la subvention présente un effet d'aubaine si elle ne compense pas d'autres défaillances de marché, et c'est plus souvent le cas pour les ménages les plus aisés.
- Les subventions perdent en partie leur nature incitative en présence d'obligations (par exemple, l'interdiction des chaudières à fioul) et répondent alors à un objectif de protection du pouvoir d'achat des ménages, possiblement plus nécessaire pour les plus modestes.

Plusieurs dispositifs ciblés sont mis en œuvre en France afin d'alléger le coût de la transition pour les ménages aux revenus modestes :

- Les subventions à la rénovation énergétique des logements MaPrimeRénov' sont plus généreuses pour les ménages modestes : le taux de financement de MaPrimeRénov' Sérénité atteignait en 2023 50 % pour les ménages très modestes et 35 % pour les ménages modestes.
- Le barème du bonus écologique automobile est majoré pour les plus modestes.
- La prime à la conversion est ciblée sur les ménages les plus modestes.
- Le Gouvernement s'est engagé à développer un dispositif de leasing social pour les premiers modèles de véhicules électriques, dès 2024.

3 Les enjeux de la transition bas-carbone pour les recettes de fiscalité énergétique et la couverture des externalités du secteur routier

Messages-clés

Le changement climatique et la transition bas-carbone auront des implications importantes et multiples pour les finances publiques, qui sont encore insuffisamment connues. Le présent chapitre se focalise sur l'érosion des recettes de fiscalité énergétique résultant de la transition bas-carbone, à fiscalité inchangée.

- Les politiques de transition mises en œuvre pour limiter le changement climatique auront un effet direct sur le solde public (par exemple, recettes de tarification carbone supplémentaires et/ou dépenses supplémentaires de décarbonation), ainsi que des effets indirects sur l'économie (*via* le PIB, les taux d'intérêt, l'inflation) pouvant se répercuter sur les finances publiques.
- Le coût des effets physiques du changement climatique – selon la manière dont il sera partagé avec les acteurs privés – et celui des politiques d'adaptation mises en œuvre pour le réduire pèseront également sur les finances publiques de façon directe ou indirecte.
- La sortie des énergies fossiles nécessaire à l'atteinte des objectifs de neutralité carbone implique notamment une baisse des recettes assises sur ces énergies, sur laquelle ce chapitre se concentre.
- Les autres dimensions, plus difficiles à appréhender à ce stade, pourront faire l'objet d'études plus approfondies dans le rapport final de 2024.

À fiscalité inchangée, la transition bas-carbone érodera certaines recettes de fiscalité énergétique sous l'effet de la diminution de la consommation d'énergies fossiles. Les recettes d'accise sur les énergies fossiles pourraient quasiment disparaître à horizon 2050 et ne seraient que très partiellement compensées par la hausse des recettes d'accise sur l'électricité.

- En 2019, année de référence retenue dans cette analyse pour faire abstraction des effets des crises sanitaire et énergétique, l'accise sur les énergies fossiles (Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Energétiques – TICPE et Taxe Intérieure de Consommation sur le Gaz Naturel – TICGN, hors TVA) représentaient des recettes fiscales nettes de 33 Md€, soit 1,4 point de PIB. Parmi ces recettes, environ 60 % reviennent à l'Etat et le reste est redistribué principalement aux collectivités et à l'Agence de Financement des Infrastructures de Transport de France (AFITF).
- En s'appuyant sur les scénarios préliminaires d'évolution de la consommation de produits énergétiques envisagés dans les travaux préparatoires de la prochaine stratégie nationale bas carbone (SNBC-3), il est estimé qu'un scénario compatible avec les objectifs climatiques génèrerait, à fiscalité inchangée, une perte d'accise sur les énergies fossiles (ex-TICPE et ex-TICGN) de l'ordre de 14 Md€ à horizon 2030 et 33 Md€ à horizon 2050, relativement à 2019.

- La hausse de la consommation d'électricité anticipée dans ces scénarios générerait une hausse des recettes d'accise sur l'électricité (ex-TICFE) de l'ordre de 1 Md€ en 2030 et 3 Md€ en 2050 par rapport à 2019, et serait donc loin de compenser la diminution des recettes de l'accise sur les énergies fossiles.

L'érosion des recettes de fiscalité énergétique concernerait en premier lieu le secteur routier, qui représente aujourd'hui la majeure partie des consommations finales d'énergie fossile en France.

- Le secteur routier (ménages, entreprises de services de transport et autres entreprises) représente environ 50 % de la consommation finale (hors production d'énergie) d'énergie fossile de la France et 75 % de la consommation énergétique finale de produits pétroliers.
- Le poids du secteur routier dans la consommation de produits pétroliers fait qu'il est aussi à l'origine de recettes fiscales importantes :
 - Le secteur routier est à l'origine de la quasi-totalité des recettes de TICPE (hors TVA) perçues par la puissance publique dans l'ensemble des secteurs économiques. En 2020, les recettes fiscales sur les carburants routiers représentaient 1,2 % du PIB.
- Les recettes d'accise sur les carburants routiers seront amenées à s'éroder progressivement à horizon 2050 avec l'électrification des véhicules prévue par la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) sans être spontanément compensées par la hausse des recettes d'accise sur l'électricité. En effet, les véhicules électriques bénéficient d'une fiscalité énergétique moins élevée au kilomètre parcouru que les véhicules thermiques, du fait d'une tarification de l'électricité inférieure à celle des produits pétroliers et d'une moindre consommation énergétique au kilomètre des véhicules électriques.

Les prélèvements sur les usagers de la route jouent un rôle important pour la tarification des externalités du secteur, climatiques et non climatiques, et l'électrification des véhicules conduira, à tarification inchangée, à une diminution de la couverture des externalités.

- Les prélèvements sur les usagers de la route ont vocation à tarifier les externalités du secteur routier que sont les émissions de GES, mais aussi la pollution de l'air, l'usure des infrastructures, les accidents de la route, etc. Selon les estimations présentées dans ce chapitre, près de 90 % des coûts externes de la route étaient couverts par la tarification en vigueur en 2020.
- La transition du secteur routier prévue par la SNBC-3 devrait fortement renforcer cette sous-tarification, avec un taux de couverture des externalités qui diminuerait à 55 % à horizon 2050 en moyenne sur l'ensemble des modes routiers. Les véhicules électriques génèrent des externalités non climatiques dont le coût pour la société est peu reflété dans le système actuel de tarification routière, et leur croissance dans le parc induit une dégradation progressive de la couverture des externalités du secteur routier à tarification inchangée.
- La couverture des externalités se dégraderait encore davantage en l'absence d'électrification du fait de la valorisation croissante du coût pour la société induit par les émissions de GES à l'avenir, mesurée ici par la Valeur de l'Action pour le Climat (VAC).

La tarification routière évolue à l'étranger pour tenter de concilier les objectifs de rendement, de tarification des externalités, climatiques et non climatiques, et d'électrification durant la transition.

- Les pays scandinaves, dont une part importante du parc de véhicules automobiles est déjà électrifiée, font face à une érosion des recettes de taxe sur les carburants routiers, doublée pour certains d'une érosion des recettes de taxes forfaitaires d'acquisition et de propriété. Ils réagissent en réduisant le soutien aux véhicules électriques à mesure que leur coût se réduit, et en mobilisant davantage d'autres types de prélèvements.

- Plusieurs mesures y ont été introduites ces dernières années pour tenter de concilier les différents objectifs de politique publique, dont la tarification du carbone, la suppression de certaines exonérations fiscales pour les véhicules électriques, et le déploiement de dispositifs de tarification kilométrique ou de péages.

3.1 Le changement climatique et la transition bas-carbone auront des implications pour les finances publiques qui restent à approfondir

Les implications du changement climatique sur les finances publiques seront multiples et importantes, mais sont encore relativement mal connues. Le présent rapport résume ces enjeux de façon qualitative et présente une analyse détaillée des implications de la transition bas-carbone sur les recettes d'accises énergétiques. Le rapport final de 2024 proposera une analyse plus détaillée de certains de ces canaux de transmission.

Le changement climatique affectera les finances publiques par le biais des implications économiques de ses effets physiques, et des politiques de transition et d'adaptation mises en œuvre pour y faire face. De façon schématique, le changement climatique se matérialise de trois façons distinctes sur l'économie et les finances publiques^{154,155,156} :

- Les **effets physiques** correspondent à la hausse de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles ainsi qu'à certaines modifications permanentes de l'environnement (i.e. hausse de la température, montée des eaux, cf. Chapitre 1). Du point de vue de la puissance publique¹⁵⁷, cela peut notamment impliquer des dépenses supplémentaires de prise en charge partielle des dommages et la compensation des victimes, des dommages sur ses actifs détenus en propre, et des moindres recettes via une réduction de l'activité économique. Ces coûts dépendront de l'ampleur du changement climatique, mais aussi de la qualité des efforts d'adaptation et du partage des risques entre public et privé.
- Les **efforts d'adaptation** sont engagés pour limiter les dommages causés par les effets physiques du changement climatique et induisent des coûts partagés entre les acteurs privés et publics. Du point de vue de la puissance publique¹⁵⁸, cela pourrait engendrer des dépenses supplémentaires pour atténuer les effets déjà perceptibles du changement climatique (e.g. rénover les bâtiments publics pour améliorer le confort d'été face à la hausse des températures) et se préparer aux effets à venir (e.g. accompagner l'évolution de la production agricole vers des pratiques résilientes au changement climatique).
- Les **effets de la transition vers la neutralité carbone** proviennent des transformations de l'économie liées à la transition bas-carbone. Celle-ci repose sur la mise en œuvre de politiques climatiques efficaces (cf. Chapitre 2) et se traduit à l'échelle macroéconomique notamment par une hausse de l'investissement et des coûts de production ainsi qu'une baisse temporaire de la croissance de la productivité (cf. Chapitre 1). La transition va transformer la composition des activités économiques, avec le déclin des activités carbonées et l'essor de nouvelles activités bas-carbone. Du point de vue de la puissance

¹⁵⁴ Bank of England (2018), "[Climate change and the macro-economy : a critical review](#)".

¹⁵⁵ The coalition of finance ministers for climate action (2021), "[Climate-related risks for ministries of finance : an overview](#)".

¹⁵⁶ OCDE (2021), "[Climate change and long-term fiscal sustainability](#)".

¹⁵⁷ Commission Européenne (2022), "[The fiscal impact of extreme weather and climate events](#)".

¹⁵⁸ FMI (2022), "[Macro-fiscal implications of adaptation to climate change](#)".

publique¹⁵⁹, elle pourrait se traduire par des investissements publics supplémentaires ou des subventions en faveur de la décarbonation et de l'accompagnement, et de moindres recettes *via* l'érosion de l'assiette fiscale assise sur les énergies fossiles et la réduction de l'activité économique relativement à un scénario fictif sans politiques de transition. Un renforcement de la tarification carbone, si elle est retenue comme un instrument de lutte contre le changement climatique, générerait des recettes supplémentaires sur la trajectoire de transition.

Les implications économiques du changement climatique et des politiques de transition et d'adaptation sur les finances publiques sont très incertaines. Les effets du changement climatique et des politiques de transition et d'adaptation se répercutent sur l'ensemble des grandeurs macroéconomiques pertinentes pour la dynamique des finances publiques, de façon directe et indirecte, que sont notamment le PIB, les dépenses et les recettes publiques, le taux d'intérêt et l'inflation. Ils dépendent intrinsèquement des politiques envisagées, des scénarios contrefactuels retenus, et sont ainsi très incertains : la plupart de ces canaux ne font pas l'objet d'un consensus dans la littérature économique.

Plusieurs institutions ont proposé ces dernières années des éléments d'analyse de l'impact de certaines des dimensions de la transition bas-carbone sur les finances publiques. La plupart des travaux concluent que l'érosion des recettes fiscales sur les énergies fossiles induira une perte importante de recettes publiques, et que ce défi doit être pris en compte pour analyser la soutenabilité des finances publiques dans le cadre de la transition bas-carbone. Certains travaux présentent également le potentiel de recettes additionnelles qu'une tarification du carbone renforcée peut constituer dans la phase de transition, qui permet de modérer le coût global de la transition pour les finances publiques. Ils diffèrent également sur le degré de prise en charge par le secteur public du surcoût de la transition vers la neutralité carbone. Ces analyses varient selon le type de modélisation retenue (équilibre partiel ou bouclage macroéconomique, par exemple).

- **L'Office for Budget Responsibility (OBR, organisme britannique équivalent au Haut Conseil pour les Finances Publiques en France), a étudié la question pour le Royaume-Uni dans plusieurs rapports récents^{160,161,162}.** Son rapport de 2021 dédie un chapitre aux effets du changement climatique sur les finances publiques et présente un chiffrage de l'impact de la transition bas-carbone sur les finances publiques. Ces projections prennent en compte l'évolution des recettes de fiscalité brune (dont l'accise sur les énergies fossiles), de taxe carbone selon une trajectoire renforcée (atteignant environ 215 €/tCO₂ en 2050 dans le scénario central), de dépenses publiques pour la décarbonation (selon des modalités de partage des investissements public/privé *ad hoc*, en moyenne de 27 % pour le public dans le scénario central) et d'autres effets indirects. Dans un scénario central de transition ordonnée, le rapport met en avant une hausse nette de l'endettement de 21 points de PIB en 2050 par rapport à un scénario contrefactuel sans transition (ni impacts du changement climatique). 20 points de PIB de hausse brute sont imputables à l'érosion des recettes de fiscalité brune, identifiée comme le principal défi pour les finances publiques, bien que compensée par une réduction brute du ratio d'endettement de 14 points de PIB grâce aux recettes de taxe carbone. Les autres facteurs contribuant à la hausse du ratio d'endettement sont les dépenses publiques de décarbonation (6 points de PIB), les effets économiques indirects (6 points de PIB) et la hausse des intérêts sur la dette publique (3 points de PIB). Un scénario d'action climatique tardive où des politiques de transition ambitieuses ne seraient mises en œuvre qu'à partir de 2030 impliquerait une

¹⁵⁹ The coalition of finance ministers for climate action (2022), "[How to scope the fiscal impacts of long-term climate strategies? A review of current methods and processes.](#)"

¹⁶⁰ OBR (2021), "[Fiscal risks report – July 2021](#)"

¹⁶¹ OBR (2022), "[Economic and fiscal outlook](#)"

¹⁶² OBR (2023), "[Fiscal risks and sustainability](#) – July 2023"

trajectoire de croissance plus faible et des dépenses publiques de décarbonation plus élevées, du fait de coûts agrégés de décarbonation plus importants et de la nécessité d'une prise en charge publique accrue. Le ratio d'endettement public augmenterait alors de 44 points de PIB par rapport au scénario contrefactuel, soit 23 points supplémentaires par rapport au scénario de transition ordonnée.

- Le **FMI** a également produit plusieurs analyses récentes à ce sujet :
 - Une étude de 2023¹⁶³ modélise l'impact de la transition bas-carbone sur le solde primaire, *via* une variation des recettes de taxes sur les énergies fossiles, des dépenses publiques de décarbonation et de soutien aux ménages (calibrées à environ 0,2 point de PIB pour la France) et des recettes d'une taxe carbone renforcée (à 150 \$/tCO₂ en 2040 pour les pays développés). Les modélisations présentent pour 2040 un effet négatif modéré sur le solde primaire (environ 0,6 point de PIB de déficit supplémentaire pour la France) voire positif pour certains pays (Japon, États-Unis et les pays émergents) grâce aux recettes de taxe carbone additionnelles qui compensent l'érosion des recettes de fiscalité énergétique et le surplus de dépenses publiques. Le principal effet dégradant le déficit est l'érosion des recettes de taxes sur les combustibles fossiles pour la plupart des pays, qui à elle seule augmenterait le déficit primaire de la France de 0,6 point de PIB en 2040, les autres dimensions (notamment investissements publics et taxe carbone supplémentaires) se compensant dans cette modélisation.
 - Le rapport Fiscal Monitor d'octobre 2023 présente une modélisation étudiant l'impact de la transition bas-carbone pour les finances publiques d'un pays avancé ou émergent représentatif¹⁶⁴. Pour les pays avancés, la modélisation retient une hausse de dépenses publiques de décarbonation à hauteur de 0,5 % du PIB ; des transferts aux ménages modestes à hauteur de 30 % des recettes de taxe carbone ; et une hausse de la taxe carbone à 130 \$/tCO₂ en 2030 puis 235 \$/tCO₂ en 2050. Pour les pays avancés en moyenne, la modélisation résulte en une augmentation du déficit primaire de 0,4 point de PIB entre 2023-2050 et une hausse de l'endettement de près de 15 points de PIB en 2050 par rapport à un scénario contrefactuel sans transition. L'érosion des recettes fiscales sur la consommation, le travail et le capital est présentée de façon agrégée et joue un rôle mineur dans l'augmentation du déficit par rapport aux dépenses publiques de décarbonation. Dans un scénario où les objectifs de transition seraient atteints en priorité via un renforcement de la tarification carbone (jusqu'à 280 \$/tCO₂ en 2050) plutôt que les dépenses publiques, sans dépenses d'accompagnement supplémentaires, la dette publique pourrait même diminuer de 3 points de PIB en 2050 par rapport au scénario contrefactuel.
- En **France**, deux analyses ont été réalisées sur le sujet jusqu'à présent. En suivant une méthodologie similaire à celle de l'OBR, **l'Inspection Générale des Finances** (IGF) trouve une hausse nette de l'endettement de 15 points de PIB en 2050 par rapport à un scénario d'inaction, dont une hausse brute de 13 points attribuable à l'érosion des recettes fiscales liées aux combustibles fossiles (contribution climat-énergie comprise)¹⁶⁵. Les autres éléments modélisés sont les dépenses publiques (calibrées à 25 % des besoins d'investissement pour la décarbonation¹⁶⁶) et les effets indirects négatifs sur la productivité. Le récent **rapport de Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz** sur les incidences économiques de l'action pour le climat¹⁶⁷ affine ces calculs, mais fait de surcroît

¹⁶³ FMI (2023), "[How does decarbonization change the fiscal equation?](#)"

¹⁶⁴ FMI (2023), "[Climate Crossroads: Fiscal Policies in a Warming World](#)"

¹⁶⁵ Inspection Générale des Finances (2022), "[Enjeux macroéconomiques et budgétaires de la neutralité carbone](#)"

¹⁶⁶ Besoins d'investissement évalués par le think-tank I4CE.

¹⁶⁷ France Stratégie (2023), "[Les incidences économiques de l'action pour le climat](#)"

l'hypothèse que les pertes de recettes liées aux combustibles fossiles seront compensées par la mise en place d'une fiscalité alternative, et se concentre sur l'effet des dépenses publiques de décarbonation (en faisant l'hypothèse que la moitié des investissements nécessaires sont portés par la puissance publique) et du ralentissement de la croissance induit par la transition bas-carbone. Ces hypothèses se traduisent en une hausse de la dette publique de 25 points de PIB en 2040.

Le présent rapport propose de nouvelles estimations des effets de la transition bas-carbone sur les recettes de fiscalité énergétique en France en s'appuyant sur les scénarios provisoires de la SNBC-3 en cours de préparation.

3.2 La transition bas-carbone érodera les recettes de fiscalité énergétique, en particulier celles du secteur routier

Cette section présente des estimations de la perte de recettes de fiscalité énergétique induite par le scénario de décarbonation envisagé par la SNBC-3, provisoire. Ces chiffrages s'abstiennent de bouclage macroéconomique. Elle présente également le rôle important du secteur routier dans cette érosion.

3.2.1 La transition bas-carbone érodera les recettes de fiscalité énergétique fossile

En France, la fiscalité de l'énergie est constituée essentiellement d'une accise sur les énergies (carburants, électricité, gaz, charbon). Les énergies présentant le rendement le plus important sont les carburants (il s'agit de la fraction de l'accise sur les produits énergétiques, autres que les gaz naturels et les charbons, anciennement dite « TICPE »), l'électricité (« TICFE ») ou encore les gaz naturels (« TICGN »). Ces trois fractions représentent plus de 40 Md€ de rendement net (avant prélèvements sur les recettes de l'Etat) en 2019, année retenue comme point de référence en tant qu'année « normale » avant crises sanitaire et énergétique. L'accise sur les énergies fossiles représentaient 33 Md€ de recettes fiscales nettes. Parmi ces recettes, environ 60 % reviennent à l'État et le reste est redistribué principalement aux collectivités et à l'Agence de Financement des Infrastructures de Transport de France (AFITF)¹⁶⁸.

Le Ministère de la Transition Énergétique (MTE) élabore des scénarios prospectifs d'évolution de la consommation des produits énergétiques dans le cadre des travaux en cours sur la révision de la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC)¹⁶⁹. Ces scénarios sont réalisés selon deux conventions :

- « Avec mesures existantes » (AME), qui reflète les politiques et mesures adoptées jusqu'en 2021 et intègre les dernières données disponibles ainsi que le progrès technique tendanciel ;
- « Avec mesures supplémentaires » (AMS), qui traduit de son côté l'impact de nouvelles mesures qui seraient mises en œuvre de manière à atteindre les objectifs fixés en matière de neutralité carbone. **La suite de cette analyse retient les consommations d'énergie prévues par ce scénario.**

¹⁶⁸ Sénat (2021), « [Projet de loi de finances pour 2022 : Le budget de 2022 et son contexte économique et financier](#) ».

¹⁶⁹ Les projections utilisées pour cette analyse correspondent à des simulations de travail et provisoires (issues du run 2 de la SNBC-3). Seules les consommations d'énergie finale hexagonales sont prises en compte.

L'électrification réduit les recettes d'accise via un effet tarifs et un effet d'assiette : l'électricité est globalement moins taxée que les énergies fossiles et l'électrification s'accompagne de gains d'efficacité énergétique qui réduisent la consommation d'énergie finale. En moyenne, la tarification unitaire de la consommation d'électricité est inférieure à celle d'une unité d'énergie fossile (incluant produits pétroliers et gaz naturel). Le tarif moyen pondéré net¹⁷⁰ de TICFE était de 22 €/MWh en 2019. Par contraste, le tarif moyen pondéré net d'une unité d'énergie fossile (comprenant les produits pétroliers et les gaz naturels) était de 36 €/MWh en 2019. Ce constat varie néanmoins selon le combustible fossile considéré, l'accise sur le gaz naturel étant moins élevée que celles sur les produits pétroliers et l'électricité : la TICPE nette moyenne était de 52 €/MWh en 2019, contre une TICGN nette moyenne de 6 €/MWh en 2019. De plus, l'électrification induit une plus grande efficacité des consommations énergétiques, qui a pour effet de réduire l'assiette fiscale en diminuant la demande en énergie finale nécessaire pour satisfaire les mêmes besoins¹⁷¹.

Dans le scénario AMS de la SNBC, les pertes de recettes publiques énergétiques en 2030 au regard de celles de 2019 pourraient atteindre 13 Md€ à fiscalité constante sous l'effet de l'évolution des assiettes. En 2050, elles atteindraient 30 Md€¹⁷² (cf. Graphique 1).

- À horizon 2030, cet effet se décomposerait entre un effet de baisse des assiettes de l'accise sur les produits fossiles de 14 Md€, compensée par des rendements supplémentaires de l'électrification des usages pour l'accise sur l'électricité de l'ordre de 1 Md€.
- À horizon 2050, la totalité des recettes d'accise sur les produits fossiles disparaîtrait, soit 33 Md€. Les rendements supplémentaires de l'électrification des usages attendus pour l'accise sur l'électricité seraient de l'ordre de 3 Md€.

Ces estimations s'abstiennent de tout bouclage macroéconomique et notamment ne prennent pas en compte la réallocation de la consommation et de l'activité, qui aurait aussi des effets sur les recettes publiques.

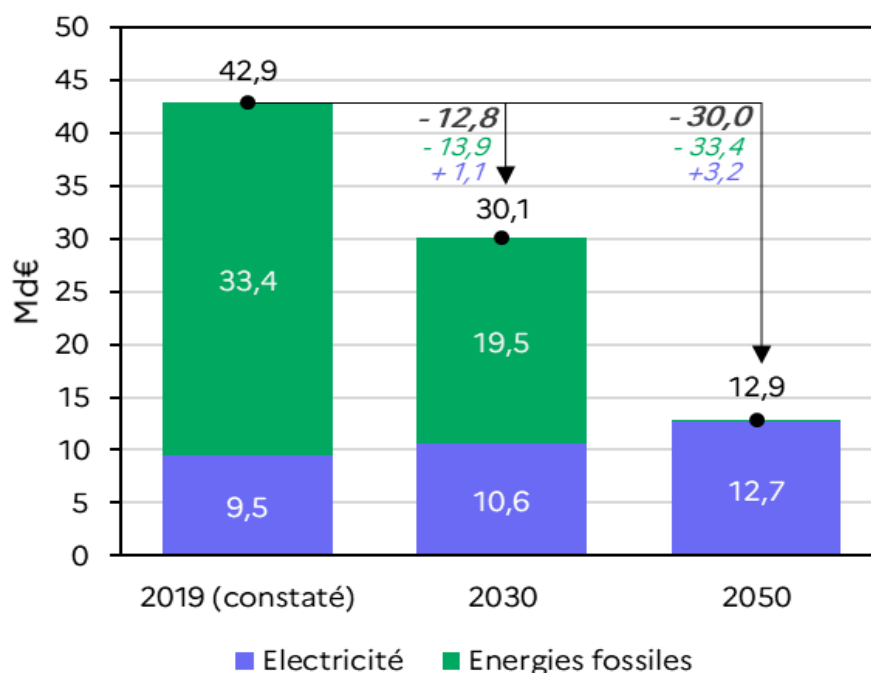
¹⁷⁰ Net des remboursements et dégrèvements.

¹⁷¹ Zenon Research (2023), "Beyond primary energy: the energy transition needs a new lens".

¹⁷² L'hypothèse de fiscalité constante ne tient pas compte des hausses de tarifs prévues ou envisagées par le PLF 2024 ni d'une évolution éventuelle des tarifs des accises au moment de la mise en œuvre du marché de quotas carbone européens sur le bâtiment et les transports à partir de 2027. Ces projections font également l'hypothèse de prix HT constants entre 2019 et 2050.

GRAPHIQUE 1

Recettes d'accises énergétiques dans le scénario AMS de la SNBC-3 à fiscalité constante



Source : DGEC pour les assiettes ; calculs DG Trésor.

Note : les recettes sur l'énergie fossile incluent l'ex-TICPE et l'ex-TICGN. Les recettes de l'accise sur l'électricité correspondent à l'ex-TICFE. Les chiffres présentés n'incluent pas la TVA sur l'accise ni sur le prix HT des énergies. Ces projections ont été réalisées avec une hypothèse de prix HT constants. Les chiffres présentés ne prennent pas en compte les effets retour sur la TVA et l'impôt sur les sociétés ni les hausses de tarif prévues ou envisagées par le PLF 2024.

3.2.2 L'électrification des véhicules routiers joue un rôle important dans l'érosion des recettes fiscales sur les énergies fossiles

La tarification routière représente aujourd'hui des recettes conséquentes en France, en particulier les recettes d'accise sur les carburants routiers. Le secteur routier est à l'origine de la quasi-totalité des recettes nettes d'accise sur les produits énergétiques (ex-TICPE). Les recettes fiscales sur les carburants routiers représentaient en 2020 1,2 % du PIB¹⁷³.

En France comme à l'étranger, l'électrification des véhicules est l'un des principaux leviers de décarbonation envisagé pour le secteur des transports. Le taux d'électrification¹⁷⁴ actuel du parc de véhicules privés est très variable selon les pays et reste peu élevé en Europe, sauf exceptions (cf. Graphique 2) : en Norvège, il atteint 27 % en 2022 ; en France, il est de 3 % mais suit une accélération marquée depuis 2020. La SNBC-3 attribue un rôle important à l'électrification pour décarboner le secteur routier et prévoit une pénétration rapide des véhicules électriques¹⁷⁵ : à l'avenir, ce taux d'électrification devrait atteindre 19 % en 2030 (dont 15 % de véhicules à batterie) et 100 % en 2050 (cf. Graphique 2). Cela reflète notamment l'interdiction de la vente de véhicules thermiques neufs qui sera en vigueur à partir de 2035 dans l'Union européenne¹⁷⁶.

¹⁷³ Commission européenne, Taxation trends in the European Union, Data for the EU Member States, Iceland, Norway : 2022 édition.

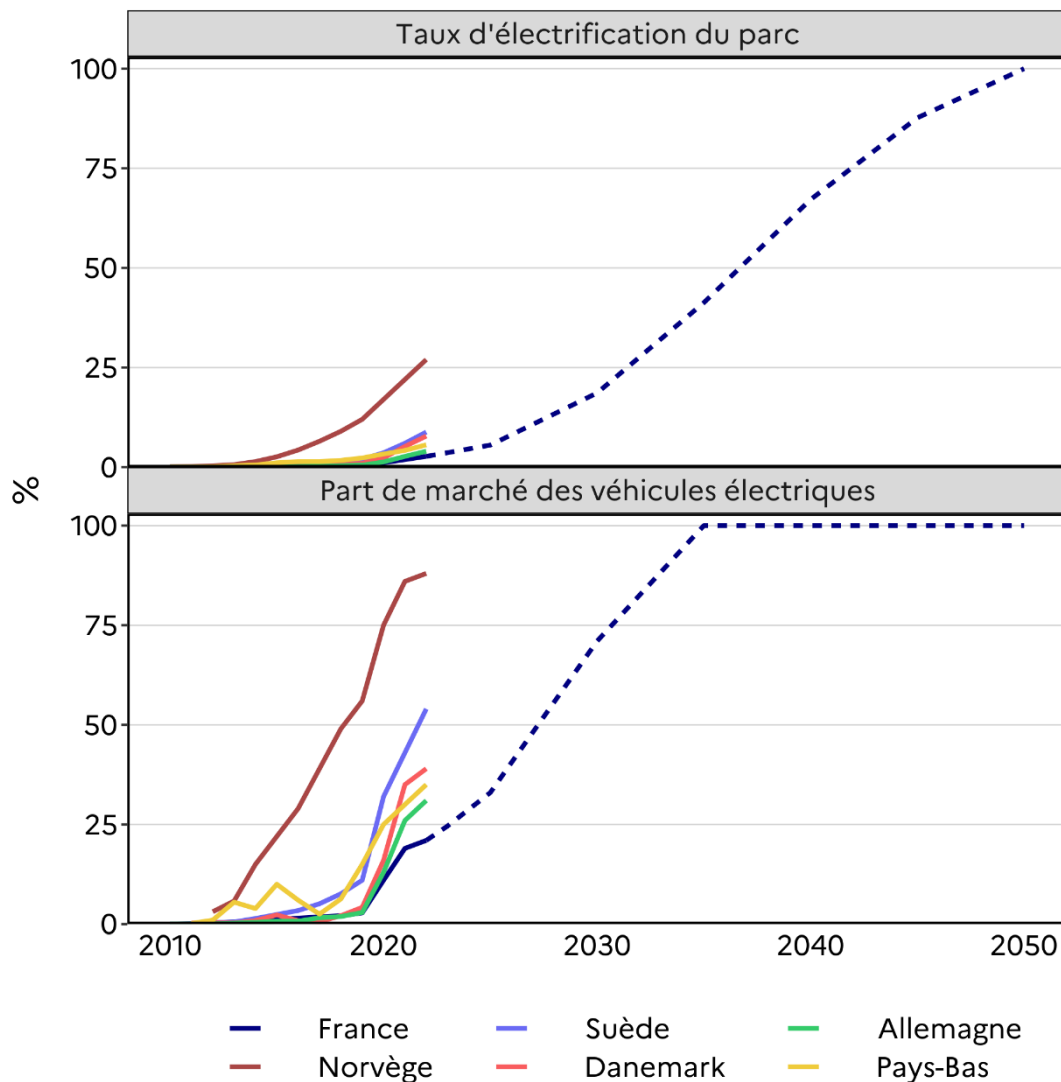
¹⁷⁴ Le taux d'électrification désigne la proportion de véhicules électriques dans l'ensemble du parc de véhicules. Il inclut les véhicules à batterie et les hybrides rechargeables.

¹⁷⁵ [Secrétariat général à la planification écologique – juillet 2023 – Mieux agir, la planification écologique – Synthèse du plan](#)

¹⁷⁶ Vie Publique (2022), "[Union européenne : vers l'interdiction de voitures neuves à moteur thermique dès 2035](#)"

GRAPHIQUE 2

Taux d'électrification du parc automobile et parts de marché des véhicules électriques dans les ventes de véhicules neufs pour plusieurs pays européens

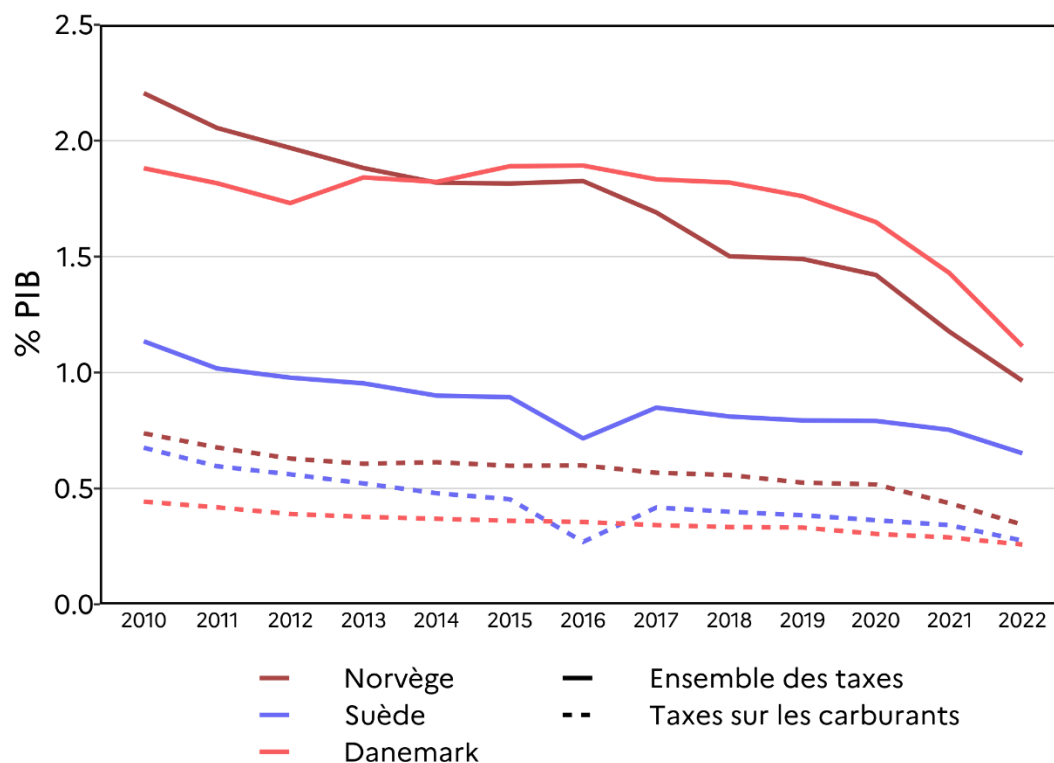


Source : pour les données historiques : AIE (2023), Global EV Data Explorer ; pour les projections : scénario AMS du run 2 de la SNBC-3.

L'électrification du parc de véhicules routiers joue un rôle important dans l'érosion des recettes fiscales, à fiscalité inchangée. L'électrification des véhicules induira une érosion des recettes d'accise sur les carburants routiers, qui ne sera pas compensée par les recettes fiscales sur l'électricité (cf. Section 3.2.1) à fiscalité inchangée. Dans les pays scandinaves, où le taux d'électrification des véhicules routiers est déjà élevé, les recettes de fiscalité routière diminuent depuis les années 2010 (cf. Section 3.4). Ils font en effet face à une érosion des recettes de taxe sur les carburants routiers, et deux d'entre eux (Norvège et Danemark) ont également enregistré une érosion des recettes de taxes à l'acquisition et de propriété, qui ont été réduites pour les véhicules électriques afin d'inciter à l'électrification¹⁷⁷.

¹⁷⁷ L'établissement d'une relation causale entre électrification et érosion des recettes observée dans ces pays nécessiterait toutefois une étude plus approfondie, afin de contrôler pour certains paramètres ayant pu varier sur la période (fiscalité, kilométrage, etc.).

GRAPHIQUE 3
Évolution des recettes fiscales en provenance du secteur routier
dans les pays scandinaves de 2010 à 2022



Source : statistiques nationales ; OCDE ; calculs DG Trésor.

Note : Les chiffres présentés incluent l'accise sur les énergies, les taxes carbone, les taxes d'acquisition et de propriété, les recettes de péage et d'autres taxes résiduelles pouvant varier d'un pays à un autre (e.g. taxe de recyclage ou d'assurance) ; ils n'incluent pas de recettes de TVA. Ces chiffres ne correspondent pas forcément au même périmètre sectoriel d'un pays à l'autre (uniquement transport automobile pour la Norvège, ensemble du secteur routier pour les autres) ni au même ensemble de taxes sur les carburants considérées (pas de données sur les recettes de taxe carbone provenant du secteur routier au Danemark ; les taxes sur les carburants correspondent uniquement à l'essence pour le Danemark et la Suède alors qu'elles incluent également le diésel pour la Norvège).

3.3 L'électrification des véhicules s'accompagnerait à politique inchangée d'une dégradation de la couverture des externalités du secteur routier

Cette section confronte l'érosion des recettes issues des carburants fossiles à la couverture des externalités au sein du secteur routier à horizon 2050. La baisse du rendement des accises sur les énergies consommées par le secteur routier signifie en effet une moindre tarification des diverses externalités du secteur.

3.3.1 Les externalités du secteur routier sont actuellement légèrement sous-tarifées par rapport à leur coût pour la société

Selon la théorie économique, la tarification optimale d'un mode de transport consiste à faire payer à l'utilisateur le coût d'usage (carburant, usure du véhicule, etc.) et les coûts externes que son déplacement engendre pour la collectivité (usure de l'infrastructure, accidents, pollutions, etc.). Cette somme, appelée coût marginal social (CMS), correspond au coût pour la collectivité d'un déplacement supplémentaire. Si la tarification est inférieure au CMS, cela incite à une circulation excessive par rapport au niveau optimal pour la société d'un point de vue économique. La tarification optimale consisterait à tarifier chaque externalité au niveau de son coût social.

Le Ministère de la transition énergétique a comparé pour l'année 2015 les externalités associées aux transports routiers aux prélèvements sur ce secteur¹⁷⁸. Les principales externalités sont les pollutions locales (~37 % des externalités sur l'ensemble du parc en 2015), les accidents (~36 %), les émissions de gaz à effet de serre (GES, ~13 %) et les coûts d'infrastructure (~13 %). Les prélèvements sur le secteur sont l'accise sur les énergies (~66 % des prélèvements sur l'ensemble du parc en 2015), les péages (~23 %), les primes d'assurance ainsi que diverses taxes sectorielles. Dans la présente analyse de la DG Trésor, la congestion est considérée comme un coût non marchand qui est supporté par les usagers de la route, et pas comme une externalité à l'échelle du secteur routier¹⁷⁹. Cette analyse ne couvre pas non plus la totalité des externalités : ni la pollution de l'air hors échappement des véhicules thermiques et électriques, ni les émissions de gaz à effet de serre en amont de la production d'électricité pour les véhicules électriques ne sont prises en compte. La pollution de l'air hors échappement des véhicules électriques pourrait augmenter si les véhicules sont plus lourds¹⁸⁰. Ces hypothèses peuvent être qualifiées de conservatrices : les coûts externes de la route présentés ici sont probablement sous-estimés.

D'après des calculs de la DG Trésor fondés sur ces travaux, en moyenne, sur l'ensemble du parc routier (poids lourds, véhicules particuliers, utilitaires légers, bus et cars), 86 % des externalités de la route étaient couvertes par la tarification en 2015. Le coût externe marginal était de 8 c€ par véhicule-kilomètre¹⁸¹ (vkm), dont 3 c€/vkm pour les pollutions locales et 1 c€/vkm pour les émissions de CO₂, tandis que le prélèvement marginal était de 7 c€/vkm. L'accise sur les produits énergétiques représentaient 5 c€/vkm et les péages 2 c€/vkm. Le taux de couverture chute à 36 % si le coût de congestion (11 c€/vkm en 2015) est ajouté aux externalités.

¹⁷⁸ CGDD (2020), "[Mobilités - Coûts externes et tarification du déplacement](#)", Théma Transport.

¹⁷⁹ Cette approche diffère de celle suivie dans le Trésor-Éco n°283 de 2021, "[Les usagers de la route paient-ils le juste prix de leurs circulations ?](#)", qui traite la congestion comme une externalité, en définissant une externalité comme un coût externe à l'utilisateur plutôt qu'au secteur qui la génère (approche retenue dans la présente analyse).

¹⁸⁰ ADEME (2022), "[Emissions des Véhicules routiers - Les particules hors échappement](#)".

¹⁸¹ Les coûts sont exprimés en €2015.

3.3.2 À tarification inchangée, la couverture des externalités se dégraderait à l'avenir malgré l'électrification des véhicules

L'analyse produite par le MTE a été actualisée et projetée dans le présent rapport jusqu'à 2050 en intégrant la trajectoire de la valeur de l'action pour le climat (VAC)¹⁸² ainsi que les trajectoires de la SNBC-3¹⁸³, en cours d'élaboration, pour la demande en transport de chaque mode, le report modal vers les transports en commun, l'électrification du parc roulant et les progrès d'efficacité énergétique et de réduction des émissions polluantes des véhicules¹⁸⁴.

La valorisation des externalités climatiques est représentée par la hausse de la VAC au cours du temps. La VAC est une trajectoire théorique de la valeur du carbone (en €/tCO₂éq, pouvant refléter des signaux-prix explicites ou implicites) permettant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 en rentabilisant les actions et les technologies de décarbonation. Elle est utilisée dans l'évaluation socioéconomique pour donner une valeur monétaire aux émissions de GES afin de refléter leur coût pour la société. Sa hausse au cours du temps permet de déclencher progressivement des actions de décarbonation aux coûts d'abattement croissants.

Compte tenu de l'électrification, le taux de couverture des externalités dans le secteur routier pourrait chuter à 55 % d'ici 2050 (cf. Graphique 4, Tableau 1). Les externalités marginales du secteur routier diminuent sous l'effet de l'électrification des véhicules (de 9 c€/vkm en 2020 à 4 c€/vkm en 2050), qui permet de limiter les émissions de GES et la pollution de l'air mais n'a pas d'impacts a priori sur les coûts d'infrastructure et les accidents de la route. En parallèle, l'électrification s'accompagne d'une baisse de près de trois quarts de la tarification en moyenne sur les différents modes (de 8 c€/vkm en 2020 à 2 c€/vkm en 2050), plus forte que la réduction des externalités, du fait d'une moindre fiscalité au kilomètre parcouru pour les véhicules électriques. La hausse de la VAC dégrade la couverture des externalités des véhicules thermiques résiduels sur la trajectoire de transition (cf. Tableau 1), bien qu'ils aient complètement disparu du parc à l'horizon 2050.

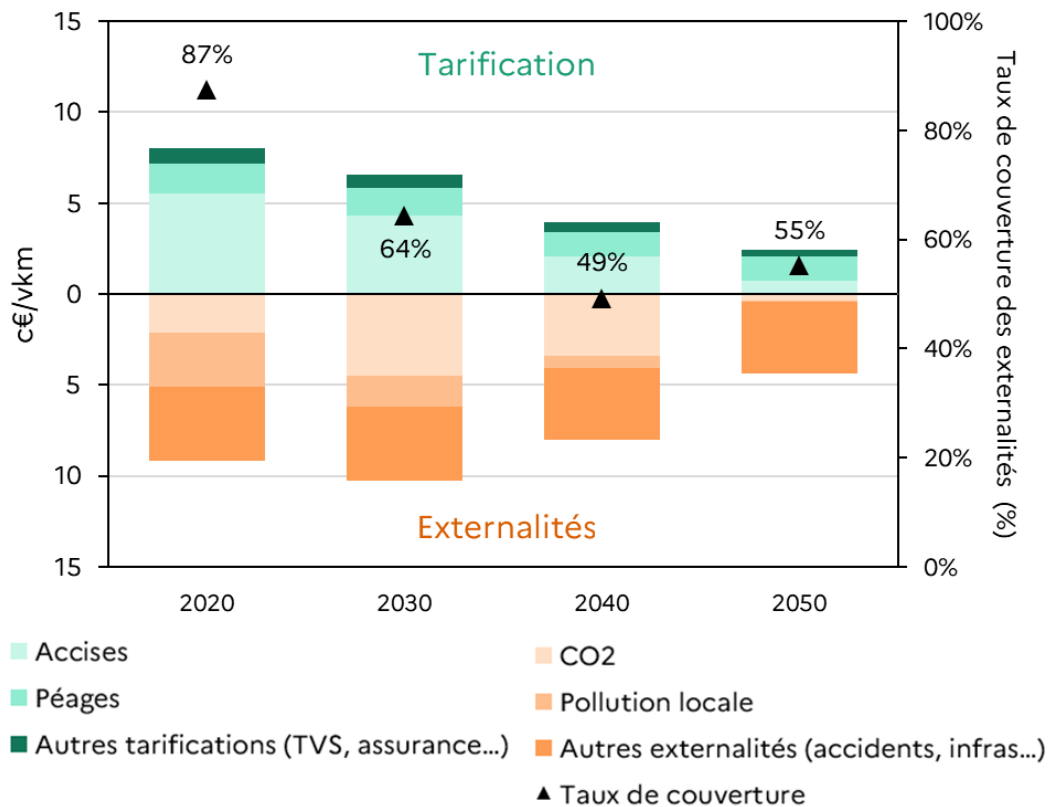
¹⁸² Commission Quinet 2019 : 775 €/tCO₂ en 2050 contre 42 €/tCO₂ en 2015.

¹⁸³ Les projections des dynamiques de mobilité routière utilisées pour cette analyse s'appuient sur les hypothèses du scénario AMS du run 1 bis de la SNBC-3. Elles prennent en compte les distances parcourues par les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires légers, les poids lourds et les transports en commun.

¹⁸⁴ L'analyse se focalise sur les véhicules domestiques et ne prend pas en compte les flux étrangers.

GRAPHIQUE 4

Projection de la couverture des coûts externes du secteur routier par sa tarification
(tous modes de transport routier confondus)



Source : Calculs DG Trésor.

Note : les chiffres présentés correspondent à la moyenne pondérée de la tarification marginal et du coût marginal des différents modes de transport routier.

TABLEAU 1

Résumé des externalités liées aux véhicules particuliers et aux poids lourds
et leur tarification (toutes motorisations confondues)

Type de véhicules		2020	2030	2040	2050
Véhicules particuliers	Taux de couverture	91%	69%	50%	50%
	Tarification marginale (c€/vkm)	7	6	3	2
	Coût externe marginal (c€/vkm)	7	8	7	4
Poids Lourds	Taux de couverture	86%	60%	51%	68%
	Tarification marginale (c€/vkm)	30	25	20	15
	Coût externe marginal (c€/vkm)	34	42	38	22
Ensemble du parc ¹⁸⁵	Taux de couverture	87%	64%	49%	55%
	Tarification marginale (c€/vkm)	8	7	4	2
	Coût externe marginal (c€/vkm)	9	10	8	4

Source : Calculs DG Trésor.

La couverture des externalités se dégraderait encore davantage dans un scénario fictif d'absence d'électrification, du fait de la valorisation croissante du coût pour la société induit par les émissions de GES à l'avenir. Le taux de couverture des externalités des véhicules particuliers est actuellement plus élevé pour les véhicules thermiques que pour les véhicules électriques, mais ce ne serait plus le cas à l'avenir (cf. Tableau 2). La fiscalité des carburants induit une tarification des véhicules thermiques supérieure à celle des véhicules électriques en 2020 (7 c€/vkm contre 2 c€/vkm). Néanmoins, l'externalité climatique des véhicules thermiques augmente fortement avec la VAC, passant de 2 c€/vkm en 2020 à 8 c€/vkm en 2040, et portant leur coût externe total de 8 c€/vkm en 2020 à 13 c€/vkm en 2040, alors que celui des véhicules électriques reste stable à 4 c€/vkm (correspondant principalement au coût des accidents et des infrastructures).

TABLEAU 2
Résumé des externalités et de la tarification des véhicules particuliers
en fonction de leur motorisation

Type de véhicules		2020	2030	2040	2050
Véhicules thermiques	Taux de couverture	91%	71%	49%	36%
	Tarifification marginale (c€/vkm)	7	6	6	6
	Coût externe marginal (c€/vkm)	8	9	13	17
Véhicules électriques	Taux de couverture	54%	53%	51%	50%
	Tarifification marginale (c€/vkm)	2	2	2	2
	Coût externe marginal (c€/vkm)	4	4	4	4

Source : Calculs DG Trésor.

La couverture des externalités diminue à la fois pour les poids lourds et les véhicules particuliers avec l'érosion des accises énergétiques. La sous-tarifcation des externalités est plus marquée pour les poids lourds que les véhicules particuliers aujourd'hui (cf. Tableau 1). 86 % du coût externe marginal des poids lourds était couvert en 2020, contre 91 % pour les véhicules particuliers. La couverture des externalités diminue à mesure que le parc s'électrifie (50 % de taux de couverture pour les véhicules particuliers en 2050, 68 % pour les poids lourds). La baisse de la couverture des externalités est plus importante pour les véhicules particuliers que les poids-lourds, car ces derniers continuent d'être tarifés substantiellement *via* les péages.

¹⁸⁵ Moyenne des différents modes de transport routier pondérée par leur part dans l'ensemble des kilomètres parcourus et prenant en compte l'évolution de leur poids respectif dans la demande de transport totale à horizon 2050.

3.4 La tarification du secteur routier évolue à l'étranger pour concilier les objectifs de rendement, de tarification des externalités et d'électrification durant la transition

Cette section analyse les évolutions en cours ou à venir de la tarification routière dans plusieurs pays européens, en particulier dans les pays scandinaves, face aux enjeux de l'électrification. Cette analyse porte sur le secteur routier dans son ensemble et principalement sur les véhicules privés. Elle porte uniquement sur six pays européens caractérisés par un taux d'électrification élevé (Norvège, Suède, Danemark) ou des évolutions récentes et/ou à venir de la tarification routière (Allemagne, Royaume-Uni, Pays-Bas). Les véhicules électriques considérés dans cette analyse sont principalement les véhicules électriques à batterie et les véhicules hybrides rechargeables. Les pays où l'électrification du parc est la plus avancée sont déjà confrontés à l'érosion des recettes énergétiques. La fiscalité routière évolue afin de tenter de concilier les objectifs de rendement budgétaire, de tarification des externalités routières, et de décarbonation.

3.4.1 Norvège

Le parc automobile norvégien est le plus électrifié d'Europe, grâce à des mesures incitatives variées pour avantager les véhicules électriques par rapport aux véhicules thermiques, notamment une exonération de la fiscalité à l'acquisition très élevée. La part de marché des véhicules électriques et hybrides rechargeables dans les ventes de voitures neuves atteignait 88 % en 2022¹⁸⁶ et jusqu'à 96 % en mai-juin 2023¹⁸⁷, pour un taux d'électrification du parc de 27 %, inégalé en Europe et dans le monde. Cela s'explique par une fiscalité très élevée à l'acquisition et à la propriété de véhicules dont sont exonérés les véhicules électriques et par des taxes élevées sur les carburants routiers :

- **Fiscalité à l'acquisition** : la fiscalité à l'acquisition d'un véhicule est composée de la taxe d'immatriculation – modulée depuis 2007 selon l'intensité carbone du véhicule^{188,189} – et de la TVA à 25 %. En 2018, la taxe d'immatriculation moyenne était de 6 560 € par véhicule¹⁹⁰. Cette fiscalité était particulièrement avantageuse pour les véhicules électriques à batterie jusqu'en 2023 avec une exemption totale de taxe d'immatriculation mais aussi de TVA depuis 2001¹⁹¹.
- **Fiscalité à la propriété** : les véhicules électriques bénéficiaient d'une exemption de taxe annuelle de propriété¹⁹² de 1996 jusqu'en 2021. Elle était en moyenne de 300 €/an en 2018 pour les véhicules thermiques¹⁹³.
- **Fiscalité énergétique** : les véhicules thermiques sont soumis à la taxe carbone et aux autres taxes sur les carburants fossiles. La taxe carbone sur les carburants routiers était d'environ 85 €/tCO₂ en 2022 et devrait atteindre 192 €/tCO₂ en 2030¹⁹⁴. Les véhicules électriques sont exemptés des taxes sur l'électricité.

¹⁸⁶ AIE (2023), Global EV Data Explorer.

¹⁸⁷ Bloomberg (2023), "Norway Pulls the Plug on EV Tax Incentives and Subsidies".

¹⁸⁸ Shiyu Yan, Gunnar S. Eskeland (2018), "Greening the vehicle fleet: Norway's CO₂-Differentiated registration tax".

¹⁸⁹ OCDE (2022), "Environmental performance reviews : Norway".

¹⁹⁰ Gunnar S. Eskeland, Shiyu Yan (2021), "The Norwegian CO₂-differentiated motor vehicle registration tax".

¹⁹¹ *Ibid.*

¹⁹² En 2018, cette taxe fut renommée en taxe d'assurance.

¹⁹³ Lasse Fridstrom, Niels Buus Kristensen, Gunnar Lindberg (2021), "Comparing the Scandinavian automobile taxation systems and their CO₂ mitigation effects".

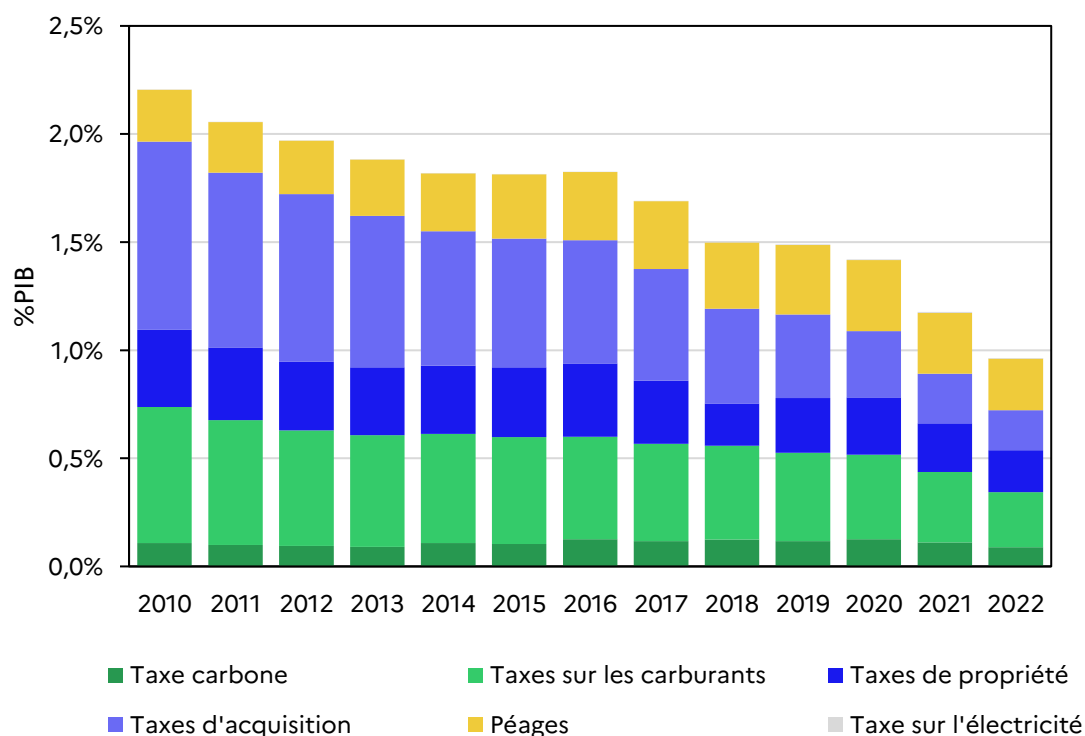
¹⁹⁴ Grosjean J., Duédal É. (2021), "Les stratégies nordiques pour le climat", Trésor-Éco n°285, Direction Générale du Trésor.

- **Péages** : les recettes de péages (routiers et urbains) représentaient en 2022 0,2 % du PIB et 25 % des recettes publiques issues du secteur routier. Les véhicules électriques bénéficient aussi souvent de tarifs réduits (cf. infra).

L'électrification du parc se reflète dans l'évolution des recettes fiscales du secteur routier, avec une diminution simultanée des taxes forfaitaires et des taxes sur les carburants depuis 2010. Les recettes de taxe d'immatriculation sont passées de 0,9 % à 0,2 % du PIB de 2010 à 2022, conséquence de la part de marché croissante des véhicules électriques, qui en sont exonérés. D'après l'OCDE, la dépense fiscale en faveur des voitures électriques sur les taxes d'acquisition (taxes d'immatriculation et TVA) représentait en 2021 1,2 % du PIB, soit 1,4 Md€ sur la taxe d'immatriculation et 1 Md€ sur la TVA à l'achat¹⁹⁵. Les recettes de taxe annuelle de propriété diminuent dans une moindre mesure sous l'effet de l'électrification du parc. Les recettes d'accises sur l'essence et le diesel diminuent également progressivement depuis 2010 à hauteur de -0,3 % du PIB en 2022, sans être compensées par les recettes de taxe carbone, restées stables autour de 0,1 % du PIB. Les recettes de péages sont également stables autour de 0,2 % du PIB.

GRAPHIQUE 5

Recettes fiscales en provenance du secteur routier en Norvège de 2010 à 2022



Source : Norway Statistics pour les recettes de péages ; OCDE pour les autres recettes. Calculs DG Trésor.

Note : les chiffres présentés correspondent aux recettes fiscales provenant des véhicules automobiles uniquement, sauf pour les péages qui correspondent à l'ensemble des recettes issues des péages routiers et urbains (tous véhicules confondus). Les taxes sur les carburants (essence et diesel) n'incluent pas la TVA.

Dans un contexte d'électrification très élevée des ventes, et face au manque à gagner budgétaire dû aux politiques de soutien à l'électrification et à leurs effets indirects, le gouvernement norvégien commence à revenir sur certaines incitations favorables aux véhicules électriques. Le gouvernement norvégien a présenté au parlement en 2021 les principes généraux d'une meilleure conciliation des objectifs environnementaux et de rendement de la tarification routière. Plusieurs mesures ont ensuite été introduites pour réduire les dépenses fiscales ciblant les véhicules électriques et désinciter à l'utilisation de la voiture :

¹⁹⁵ OCDE (2022), "Environmental performance reviews : Norway".

- Fiscalité à l'acquisition¹⁹⁶ : la Norvège a mis fin en 2023 à l'exonération totale de taxe d'immatriculation et de TVA pour les véhicules électriques. Le taux de TVA de 25 % est désormais appliqué au-delà de 43 000 €. La taxe d'immatriculation concerne désormais les véhicules électriques les plus lourds, qui doivent s'acquitter d'une taxe de 1,1 € par kg supplémentaire par rapport à un poids de référence de 500 kg, ce qui équivaut à une taxe entre 1 200 et 1 800 € pour la plupart des voitures électriques¹⁹⁷.
- Fiscalité à la propriété¹⁹⁸ : la taxe annuelle d'assurance a été réintroduite pour les véhicules électriques en 2021, d'abord à un taux réduit puis au taux complet depuis 2022.

La Norvège s'appuie également sur les péages pour financer la construction et l'entretien des infrastructures de transport et de plus en plus pour tarifier et réduire les autres externalités du secteur routier. Plusieurs villes norvégiennes ont très tôt mis en place des péages urbains : Bergen (1986), Oslo (1990) et Trondheim (1991). En 2021, le pays disposait de plus de 300 péages prenant des formes diverses (routiers, urbains). Les principaux péages urbains (Oslo, Bergen, Stavanger, Kristiansand et Trondheim) ont été mis en œuvre pour financer l'entretien de la voirie et des nouvelles infrastructures routières urbaines¹⁹⁹. Ils évoluent néanmoins progressivement vers une logique de tarification et de réduction des externalités du secteur routier (congestion, pollution de l'air, bruit etc.) avec des tarifs modulés en fonction du poids, des caractéristiques environnementales des véhicules et du niveau de congestion. À titre d'exemple, en 2023 un véhicule électrique doit payer 0,82 € par passage à Bergen en heures creuses contre 4,37 € pour un véhicule diesel en heure de pointe. La fin de l'exemption des frais de péage et du stationnement gratuit en ville pour les véhicules électriques en 2017²⁰⁰ va aussi dans ce sens.

3.4.2 Suède

Derrière la Norvège, l'électrification du parc automobile en Suède est également élevée, grâce à une tarification du carbone élevée et d'autres avantages fiscaux sur l'acquisition et la propriété de véhicule électrique ²⁰¹. Les véhicules électriques représentaient environ 10 % du parc automobile en 2022, avec une part de marché de 54 % dans les ventes de nouveaux véhicules²⁰². L'approche choisie par la Suède combine taxation modérée des véhicules émetteurs, dépenses fiscales puis subvention des véhicules électriques et taxation carbone élevée des carburants routiers :

- Fiscalité à l'acquisition : en 2009, la Suède a mis en place un crédit d'impôt d'environ 900 € à l'achat d'un véhicule électrique, remplacé de 2012 à 2018 par un bonus à l'achat²⁰³. En 2016, il était d'environ 3 500 € pour l'achat d'une voiture électrique à batterie²⁰⁴. Depuis 2018, ce système a été remplacé par un bonus-malus : l'achat de véhicules électriques donne droit à une subvention allant jusqu'à 5 810 € alors que les nouveaux véhicules thermiques sont soumis à une hausse de la taxe annuelle de circulation pendant trois

¹⁹⁶ The Norwegian tax administration, [One-off registration tax](#).

¹⁹⁷ The Norway Guide, Tax And Fees On Electric Vehicles In Norway Explained: Are They Really Tax Free?

¹⁹⁸ The Norwegian tax administration, Annual motor vehicle tax and weight-based motor vehicle tax.

¹⁹⁹ Gostner C. (2018), "Péages urbains : quels enseignements tirer des expériences étrangères ?", Trésor-Éco n°224, Direction Générale du Trésor.

²⁰⁰ Norwegian EV association, Norwegian EV policy.

²⁰¹ L'électrification n'est que l'un des leviers de décarbonation des transports, la Suède ayant aussi beaucoup misé sur le verdissement des carburants routiers traditionnels, avec une obligation de la réduction de leur empreinte carbone via la pénétration des biocarburants.

²⁰² AIE (2023), Global EV Data Explorer.

²⁰³ Swedish environmental agency (2021), "Towards zero emissions from Swedish transport".

²⁰⁴ Emma Engström, Staffan Algers, Muriel Beser Hugosson (2019), "The choice of new private and benefit cars vs. climate and transportation policy in Sweden".

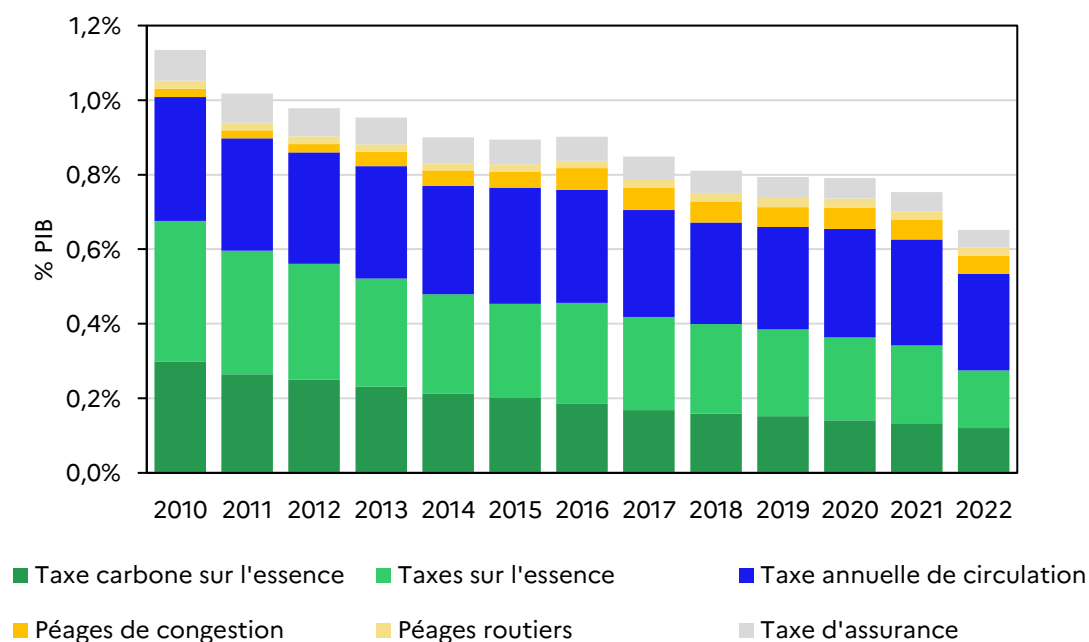
ans²⁰⁵. La Suède se distingue des autres pays scandinaves par l'absence de taxe d'immatriculation depuis 1996.

- Fiscalité à la propriété : de 2009 à 2018, les véhicules électriques bénéficiaient d'une exemption de la taxe annuelle de circulation pendant les cinq premières années, soit une économie d'environ 300 €/an²⁰⁶. Les fournisseurs d'assurance automobile sont également soumis à une taxe de 32 % sur les primes d'assurance perçues, qu'ils semblent répercuter sur les automobilistes²⁰⁷.
- Fiscalité énergétique : la Suède a mis en place dès 1991 une tarification du carbone pour le secteur routier, qui est de 120 €/tCO₂ en 2023.

En Suède, l'érosion des recettes fiscales du secteur routier observée depuis 2010 vient principalement de la diminution des recettes de taxes sur l'essence. Les recettes de taxes sur l'essence (y compris de taxe carbone) sont passées de 0,7 % à 0,3 % du PIB entre 2010 et 2022, en partie sous l'effet de l'électrification progressive du parc. En dehors des taxes sur les carburants, les recettes sont stables en proportion du PIB depuis 2010 à hauteur de 0,4 % du PIB. La légère diminution des recettes de taxe annuelle de circulation a été compensée par la montée en puissance des péages de congestion.

GRAPHIQUE 6

Recettes fiscales en provenance du secteur routier en Suède de 2010 à 2022



Source : Statistics Sweden pour les données de PIB et toutes les recettes sauf celles de taxe sur l'essence ; Swedish National Financial Management Authority pour les recettes de taxes sur l'essence (taxe carbone comprise)

Note : il s'agit de l'ensemble des recettes fiscales issues du secteur routier (pas uniquement des véhicules automobiles). Les taxes sur l'essence n'incluent pas la TVA et excluent le diesel.

²⁰⁵ Lasse Fridstrom, Niels Buus Kristensen, Gunnar Lindberg (2021), "Comparing the Scandinavian automobile taxation systems and their CO₂ mitigation effects".

²⁰⁶ Emma Engström, Staffan Algiers, Muriel Beser Hugosson (2019), "The choice of new private and benefit cars vs. climate and transportation policy in Sweden".

²⁰⁷ Lasse Fridstrom, Niels Buus Kristensen, Gunnar Lindberg (2021), "Comparing the Scandinavian automobile taxation systems and their CO₂ mitigation effects".

La Suède est récemment revenue sur certains avantages fiscaux accordés aux véhicules électriques. Face à l'érosion des recettes fiscales traditionnelles, la Suède a réformé certains dispositifs fiscaux incitant à l'adoption de véhicules électriques :

- **Fiscalité à l'acquisition** : fin 2022, la Suède a mis fin au bonus à l'achat des véhicules électriques tout en maintenant le malus sur les véhicules thermiques. Le gouvernement a justifié cette décision par la baisse du coût total d'usage des véhicules électriques, se rapprochant de celui des véhicules thermiques²⁰⁸.
- **Fiscalité à la propriété** : depuis 2018, les nouveaux véhicules électriques doivent payer la taxe annuelle de circulation dès la première année et les nouveaux véhicules thermiques sont soumis à une hausse de la taxe pendant trois ans.

Depuis 2006, la Suède mise sur les péages urbains pour lutter contre les externalités du secteur routier et dégage au passage de nouvelles recettes fiscales, avec une tendance vers la suppression des exemptions pour les véhicules électriques. Des péages urbains en cordon autour des centres-villes ont été mis en place à Stockholm depuis 2006 et à Göteborg depuis 2013 afin de réduire le nombre de véhicules entrants et sortants des deux plus grandes villes du pays. Ces péages ont eu des effets positifs significatifs sur la congestion et la qualité de l'air : en 2016, par rapport à 2004, à Stockholm, le nombre de passages de véhicules a été 40 % plus faible et les particules fines ont été réduites de moitié. En 2021, les péages ont généré 285 M€ de recettes fiscales. Versées au budget général, ces dernières sont fléchées vers le développement de transports en commun et d'infrastructures de transport. À Stockholm, le montant est modulé en fonction de l'heure et la saison pour lutter contre la congestion. En saison basse entre 18h30 et 6h, le montant est nul ; en saison haute entre 7h et 8h30, il est de 4,50 €. À Stockholm, les véhicules électriques doivent depuis 2012 s'acquitter de frais de péage comme les autres véhicules après en avoir été exempté²⁰⁹.

Un rapport de 2021 de l'agence environnementale suédoise²¹⁰ présente des perspectives d'évolution souhaitable de la tarification routière et préconise le déploiement d'une tarification kilométrique à horizon 2030. L'agence préconise une modulation plus fine de la tarification routière en fonction des externalités (en particulier géographique) et une anticipation de la perte de recettes fiscales provoquée par l'électrification du parc automobile. Un système automatisé de tarification kilométrique à modulation fine par GPS²¹¹ pourrait être mis en place à horizon 2030 pour faire face à ces deux défis. En attendant, elle propose de renforcer la tarification du stationnement et le renforcement des péages urbains (extension à d'autres villes, modulation de la tarification) pour accélérer la décarbonation du secteur routier sans freiner l'électrification.

3.4.3 Danemark

L'électrification du parc automobile est également élevée au Danemark, derrière la Norvège et la Suède, grâce à une politique de soutien à l'électrification s'appuyant principalement sur les taxes à l'acquisition et à la propriété. Près de 8 % du parc automobile était électrifié au Danemark en 2022, le plaçant juste derrière ses deux voisins scandinaves. La part de marché des véhicules électriques dans les nouvelles ventes atteignait 40 % la même année²¹². Le pays se caractérise par une fiscalité à l'achat et à la propriété encore plus élevée qu'en Norvège, mais moins différenciée selon le facteur d'émissions des véhicules :

²⁰⁸ Direction suédoise des transports, Bonus for low emission vehicles.

²⁰⁹ Lasse Fridstrom, Niels Buus Kristensen, Gunnar Lindberg (2021), "[Comparing the Scandinavian automobile taxation systems and their CO2 mitigation effects](#)"

²¹⁰ Swedish environmental agency (2021), "Towards zero emissions from Swedish transport"

²¹¹ Sustainable horizons in future transport (2019), "How to reform taxation of road transports for promoting electrification".

²¹² AIE (2023), Global EV Data Explorer.

- Fiscalité à l'acquisition : la taxe d'immatriculation danoise est depuis longtemps modulée selon le prix d'achat, certaines caractéristiques environnementales (motorisation, efficacité énergétique) et le niveau de sécurité des véhicules (nombre d'airbags). En 2018, elle était de 12 000 € en moyenne et elle pouvait atteindre des montants bien plus élevés pour les véhicules thermiques les plus coûteux et énergivores. Jusqu'en 2015, les véhicules électriques en étaient complètement exemptés, avec une volonté politique de revenir graduellement sur l'exemption depuis cette date (cf. *infra*). Depuis 2021, la taxe d'immatriculation est explicitement modulée en fonction du facteur d'émission du véhicule.
- Fiscalité à la propriété : les véhicules motorisés sont soumis à une taxe annuelle de propriété qui dépend de leur date d'immatriculation et de leur performance environnementale^{213,214} : une taxe annuelle sur le poids, pour les voitures immatriculées avant 1997 ; une taxe verte de propriété pour les voitures immatriculées entre 1997 et 2021, modulée selon l'efficacité énergétique du véhicule ; une taxe CO₂ pour celles immatriculées après 2021 modulée selon le facteur d'émission du véhicule.
- Fiscalité énergétique : le pays a mis en place une exemption de taxes sur l'électricité pour les particuliers à hauteur de 0,12 €/kWh²¹⁵. La taxe carbone sur les carburants routiers s'élève à 25 €/tCO₂éq en 2022, à un niveau bien plus faible que les autres pays scandinaves.

Ces changements de barèmes et l'électrification ont eu pour conséquence de diminuer les recettes de taxe d'immatriculation et de taxe annuelle de propriété. Les recettes d'accise sur l'essence diminuent également depuis 2010. Les recettes de taxe d'immatriculation, en légère augmentation jusqu'en 2018 en proportion du PIB, diminuent fortement depuis 2019 (cf. Graphique 7). Elles sont passées de 0,9 % à 0,4 % du PIB sur cette période. Les recettes de taxe annuelle de propriété diminuent de façon plus progressive depuis 2010 au fur et à mesure que la performance environnementale des véhicules s'améliore. Enfin, les recettes de taxe sur l'essence sont passées de 0,4 % à 0,3 % du PIB entre 2010 et 2022.

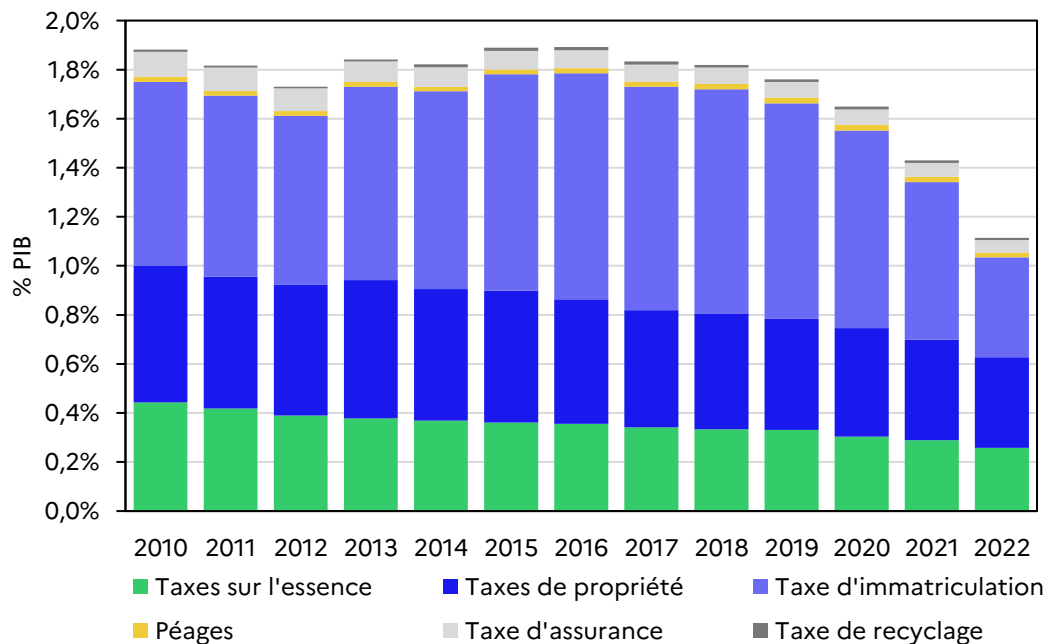
²¹³ The motor vehicle agency, [Periodic taxes](#).

²¹⁴ IEA-HEV (2023), "Annual report 2023: the electric drive ramps up".

²¹⁵ European Alternative Fuels Observatory, Denmark.

GRAPHIQUE 7

Recettes fiscales en provenance du secteur routier au Danemark de 2010 à 2022



Source : Statistics Denmark

Note : il s'agit des recettes issues de l'ensemble des véhicules de transport routier, pas uniquement les automobiles. Les données de recettes de taxe carbone issues spécifiquement du secteur routier sur la période 2010-2022 n'étaient pas disponibles. Les taxes sur l'essence n'incluent pas la TVA et excluent le diesel.

La fiscalité a évolué ces dernières années, dans une tentative de concilier rendement budgétaire et soutien à l'électrification, en priorisant le second depuis quelques années.

- **Fiscalité à l'acquisition** : En 2016, le gouvernement danois a décidé de réintroduire progressivement la taxe d'immatriculation pour les véhicules électriques à horizon 2020²¹⁶. Face au risque de ralentir l'électrification du parc, il a finalement décidé de remplacer l'exemption totale par une réduction de 80 %. L'exemption a tout de même été réintroduite en 2019-2020 pour les véhicules coûtant moins de 54 000 €²¹⁷. En 2021, l'harmonisation des montants de taxe d'immatriculation entre véhicules électriques et thermiques est repoussée dans le temps, avec à terme une réduction de 20 % en 2030 et nulle en 2035²¹⁸.
- **Fiscalité à la propriété** : en 2021 le gouvernement a annoncé une hausse progressive des taxes annuelles de propriété à horizon 2026, concernant principalement les véhicules thermiques mais concernant également les véhicules électriques²¹⁹.

La tarification kilométrique est actuellement peu développée au Danemark mais fait l'objet d'un intérêt politique croissant ces dernières années. Le principe d'une tarification kilométrique est mis en avant dans la stratégie résilience et transition verte du Danemark en 2021²²⁰. Cette même

²¹⁶ OCDE (2019), "Environmental performance reviews: Denmark 2019".

²¹⁷ Lasse Fridstrom, Niels Buus Kristensen, Gunnar Lindberg (2021), "Comparing the Scandinavian automobile taxation systems and their CO₂ mitigation effects".

²¹⁸ The Danish Government Ministry of Finance (2021), "Denmark's recovery and resilience plan - accelerating the green transition".

²¹⁹ ALD Automotive (2021), "Car taxation 2021: overview of the new taxation".

²²⁰ The Danish Government Ministry of Finance (2021), "Denmark's recovery and resilience plan - accelerating the green transition".

année, le conseil économique danois a réalisé une étude prospective²²¹ sur les implications d'une réduction des taxes forfaitaires d'immatriculation et de possession en parallèle de l'introduction d'un système de tarification à la distance modulée en fonction de la congestion, des dommages sanitaires (pollution de l'air, bruit, accidentalité) et de l'abrasion des infrastructures. Le rapport met en avant les nombreux avantages d'un tel système : il serait plus efficace pour lutter contre les diverses externalités du secteur routier, plus juste d'un point de vue social et rapporterait davantage de recettes fiscales. Il met en avant le caractère distorsif des taxes forfaitaires actuelles à l'achat et de propriété, qui pénalisent les ménages de la même façon indépendamment des externalités générées par l'utilisation de leur véhicule. En 2022, le gouvernement a lancé un partenariat public-privé pour expérimenter un système de tarification kilométrique²²². En parallèle, il a fait passer une loi en 2023 prévoyant la mise en place en 2025 d'une taxe kilométrique sur les poids lourds sur certaines routes, modulée en fonction des émissions de GES des véhicules²²³.

3.4.4 Autres pays

La tarification kilométrique modulée en fonction des externalités, déjà en vigueur pour les poids-lourds dans certains pays d'Europe, gagne aussi du terrain en dehors des pays scandinaves :

- L'Allemagne pratique la tarification kilométrique des poids-lourds par GPS depuis 2005 pour financer et entretenir les infrastructures routières tout en réduisant les externalités. Le système MAUT de péage par GPS avec boîtiers embarqués fut initialement mise en œuvre pour financer l'entretien et la construction des infrastructures routières, mais elle contient aussi une dimension incitative, avec des taux différenciés selon le poids et les émissions de GES des véhicules. À compter de décembre 2023, le péage devrait être complété par une taxe sur les émissions de CO₂ à hauteur de 200 €/tCO₂. En juillet 2024, il devrait être étendu aux véhicules de plus de 3,5 T, contre 7,5 T aujourd'hui. Jusqu'à fin 2025, les poids-lourds zéro-émissions devraient être exemptés du péage dans son ensemble (tarif par kilomètre et taxe CO₂).
- La réforme de l'Eurovignette devrait généraliser la modulation des tarifs de péage routier selon les émissions de GES pour les véhicules utilitaires lourds. En Europe, la directive Eurovignette définit les règles applicables aux péages mis en place par les États-membres sur les grands axes routiers européens. Une révision récente en 2022 impose de moduler les péages kilométriques existants en fonction des émissions de GES et de la pollution de l'air à horizon 2026 pour les véhicules utilitaires lourds. Les péages qui tarifient actuellement en fonction du temps de trajet devront être convertis en péages kilométriques à horizon 2032 au plus tard et modulés en fonction de la performance environnementale du véhicule également²²⁴.
- Les Pays-Bas envisagent la tarification kilométrique des véhicules privés pour assurer la neutralité budgétaire du passage à l'électrique. En 2022, le gouvernement a présenté un projet de tarification kilométrique pour les véhicules particuliers en parallèle d'une suppression des taxes annuelles de propriété sur les véhicules à horizon 2030. L'objectif de cette réforme est principalement de s'adapter à la perte progressive de recettes d'accises sur les carburants routiers et d'assurer un impact budgétaire nul de l'électrification du parc automobile. Ce nouveau système fonctionnerait à l'aide d'une collecte automatisée des données kilométriques des véhicules privés. Le gouvernement évalue la faisabilité d'une différenciation de la tarification selon le poids, le type de carburant et les caractéristiques environnementales des véhicules.

²²¹ Danish Economic Council (2021), "[Economy and environment 2021](#)"

²²² Sund&Baelt, DTU, About the trial.

²²³ Sund&Baelt (2022), "Kilometer-based toll for trucks".

²²⁴ Transport et Environment (2022), "Tolling: the highway to green trucking".

Le Royaume-Uni devrait mettre fin en 2025 à l'exemption totale de taxe annuelle de propriété ('Vehicle Excise Duty') pour les véhicules électriques afin de limiter l'érosion des recettes fiscales provoquée par l'électrification du parc automobile. Face à pénétration croissante des véhicules électriques dans le parc automobile et l'érosion des recettes d'accise sur les carburants fossiles qu'elle risque de provoquer²²⁵, le Royaume-Uni a prévu de mettre fin à l'exemption totale de taxe annuelle de propriété pour l'ensemble des véhicules bas-carbone (automobiles, camionnettes et deux-roues) en 2025²²⁶. Certains think-tanks comme la Resolution Foundation proposent de déployer une tarification à la distance automatisée par GPS pour faire face à l'érosion des recettes de fiscalité énergétique et réduire les externalités du secteur routier²²⁷.

²²⁵ OBR (2023), "Fiscal risks and sustainability – July 2023".

²²⁶ UK.gov. Introduction of Vehicle Excise Duty for zero emission cars, vans and motorcycles from 2025.

²²⁷ Resolution Foundation (2023), "Where the rubber hits the road. Reforming vehicle taxes".

4 Les enjeux économiques des politiques de décarbonation du parc privé de logements

La présente section du rapport consiste en une analyse des instruments de réduction des émissions des émissions directes de gaz à effet de serre (GES) sur la phase d'usage du parc privé de logements, et plus particulièrement les instruments visant à la rénovation énergétique. Des comparaisons internationales sont également présentées. Le choix de se concentrer sur le parc privé de logements est justifié par son poids dans les émissions du secteur. Ce cas d'étude permet par ailleurs d'illustrer les défis de la décarbonation dans un sous-secteur où les ménages jouent un rôle décisionnaire clé.

Messages-clés

Le parc privé de logements, qui représente 9 % des émissions territoriales de gaz à effet de serre sur la phase d'usage (émissions directes), doit être complètement décarboné à l'horizon 2050 selon la stratégie nationale bas-carbone (SNBC).

- Le parc privé de logements représente une part substantielle des émissions de gaz à effet de serre en France : 9 % des émissions territoriales sur la phase d'usage des logements en ne comptant que les émissions directes, et jusqu'à 13 % si on tient compte des émissions indirectes liées à la production d'électricité et de chaleur et à la construction/rénovation. Le présent chapitre se concentre sur la réduction des émissions directes sur la phase d'usage.
- Le parc privé de logements doit être complètement décarboné à l'horizon 2050 selon la stratégie nationale bas-carbone (SNBC). Les leviers de décarbonation du parc privé de logements sur la phase d'usage sont : le recours à une énergie bas-carbone via un changement de système de chauffage ou la décarbonation des vecteurs, l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments et des comportements plus sobres énergétiquement.
- L'exemple suédois, pays qui se caractérise par un très faible niveau d'émissions de son parc de logements après une réduction de 70 % depuis 1990, montre qu'un parc de logements bas-carbone est possible, à condition de mener un effort massif de long terme mobilisant conjointement et de manière ambitieuse plusieurs leviers. Dans le cas de la Suède, la stratégie s'est appuyée sur un signal-prix en faveur des énergies bas-carbone, notamment via une taxe carbone élevée, des réglementations (notamment des normes de construction neuves exigeantes, que la France a dorénavant adoptées), et une gouvernance ayant permis de développer des réseaux de chaleur urbains et péri-urbains.

La décarbonation du parc privé de logements, indispensable à l'atteinte de la neutralité carbone, doit surmonter des coûts d'abattement élevés.

- Les coûts d'abattement des émissions pour le parc privé de logements se caractérisent par une très forte hétérogénéité, des incertitudes importantes, et des valeurs observées beaucoup plus élevées qu'anticipées. En particulier, les économies d'énergie constatées après une rénovation énergétique apparaissent bien inférieures à ce qui était anticipé par des modèles de thermique du bâtiment, qui sont apparus trop optimistes, même si cela serait moins le cas pour les rénovations performantes et accompagnées. De plus, les coûts

de la rénovation apparaissent également fortement sous-estimés dans les modèles couramment utilisés. En outre, **les caractéristiques de la filière rénovation (prédominance de TPE/PME, faibles gains de productivité, difficultés de recrutement) constituent autant d'obstacles à une réduction future des coûts de la rénovation** – sans qu'il soit possible d'étayer ce point empiriquement, la massification de travaux de rénovation des parcs public et social pourraient aider la filière à se structurer. En revanche, la prise en compte des bénéfices sanitaires de la rénovation énergétique, bien que d'une ampleur sujette à une forte incertitude, rend très favorable l'équation socio-économique de la rénovation des passoires thermiques occupées par des ménages en situation de précarité énergétique.

- Les travaux d'isolation peuvent donc être efficaces pour améliorer la performance énergétique de logements très peu performants (passoires thermiques) mais présentent des coûts d'abattement plus élevés lorsqu'ils s'adressent à des logements déjà relativement performants.
- En cohérence avec la grille d'analyse des coûts d'abattement ABCDE présentée en section 2.5, ces considérations sur les coûts d'abattement doivent être replacées dans une grille d'analyse plus large qui inclut notamment les enjeux de bouclage énergie et les effets distributifs.
- Cela suggère de commencer par cibler en priorité les travaux d'isolation sur les passoires thermiques et de favoriser pour le reste du parc surtout une décarbonation des modes de chauffage (e.g. passage aux pompes à chaleur, réseaux de chaleur), tout en se donnant les moyens d'augmenter la production d'énergie bas-carbone. En pratique, il existe toutefois des contraintes au développement de capacités de production bas-carbone (acceptabilité des énergies renouvelables notamment) qui invitent à considérer le risque de tensions sur le système électrique. Par ailleurs, il serait nécessaire d'envoyer de meilleures incitations économiques aux consommateurs d'électricité pour qu'ils modèrent leur consommation en période de pointe, ce qui réduirait le besoin de dimensionnement total du système électrique.
- La décarbonation du parc de logements nécessiterait des besoins d'investissements supplémentaires bruts importants, allant de +5 à +15 Md€/an en moyenne entre 2024 et 2030 selon les différentes études existantes, relativement à 2021. Selon un document de travail de la DG Trésor à paraître, les besoins du résidentiel seraient plafonnés à +10 Md€/an en moyenne en ciblant des gestes parmi les plus coûts-efficaces, consistant à horizon 2030 en une combinaison de rénovations globales de passoires thermiques et d'installation de pompes à chaleur. Ces investissements seraient financés par une combinaison de fonds privés et publics dont le partage dépend des instruments déployés.

La décarbonation du parc privé de logements doit aussi surmonter plusieurs défaillances de marché, dont de fortes asymétries d'information.

- La décarbonation des logements se heurte à plusieurs défaillances de marchés et de comportements en sus de l'externalité climatique, et en particulier des asymétries d'information sur la performance énergétique du bâtiment : entre propriétaire et locataire, entre propriétaire et artisan, ou encore entre propriétaire vendeur et potentiel acquéreur. L'importance relative de ces différentes défaillances est souvent mal connue, ce qui constitue un frein majeur à l'efficacité de l'action publique.
- En France, la « valeur verte » (i.e. la surcote dont bénéficie un logement ayant une bonne performance énergétique) à l'acquisition d'une maison contribuerait déjà de façon importante à ce que les investissements dans la rénovation soient rentabilisés via l'augmentation de la valeur du bien à la revente, et ce avant prise en compte des aides publiques. Les défaillances de marché contribuent probablement à expliquer pourquoi certaines rénovations n'ont pas lieu malgré l'intérêt financier à le faire.

Les pouvoirs publics ont mis en place une large palette d'instruments visant à lever les freins à la décarbonation des logements, dont l'efficacité doit être mieux évaluée.

- Une combinaison d'instruments associant aides aux ménages (e.g. MaPrimeRénov', les certificats d'économie d'énergie – CEE), tarification du carbone (composante carbone de l'accise sur les énergies), obligations de performance énergétique (e.g. interdiction de location des passoires thermiques, normes RE 2020 sur la construction neuve) et instruments informationnels (e.g. diagnostic de performance énergétique – DPE) a été mise en place en France depuis plusieurs années afin de favoriser la décarbonation du parc privé de logements, en ciblant notamment les différentes défaillances de marché identifiées.
- Instrument théoriquement le plus efficace pour inciter à la décarbonation (minimisation des coûts totaux de la transition, en particulier dans le contexte de coûts d'abattement hétérogènes), à condition de corriger en parallèle les autres défaillances de marché, en particulier les asymétries d'information, la tarification effective du carbone appliquée aux énergies de chauffage fossiles dans le secteur du logement était de 51 €/tCO₂.
- Les subventions à la rénovation pourraient augmenter à la fois le nombre de rénovations entreprises, en particulier si elles sont ciblées chez les ménages modestes, et le montant investi lors des travaux. C'est le sens des évolutions mises en œuvre depuis le passage du crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) à MaPrimeRénov (MPR) et avec l'évolution de MPR en 2024. Il convient d'évaluer avec attention les économies d'énergie effectivement réalisées ainsi que l'incidence sur les finances publiques.
- Les obligations et des interdictions en matière de décarbonation du parc privé de logements peuvent jouer un rôle utile à condition d'être proportionnées et bien conçues. Le renouvellement des chaudières à fioul et l'installation de chaudières à gaz dans les maisons neuves sont ou seront prochainement interdites. Le calendrier annoncé d'interdiction de location de passoires thermiques peut inciter les propriétaires bailleurs à réaliser les travaux nécessaires, d'autant que la décote à la vente des logements peu performants s'est accrue, mais ses effets de bord sur le marché immobilier doivent encore être mieux analysés. Il convient toutefois de rester attentifs à leurs risques potentiels en matière d'efficacité, d'efficacité et d'acceptabilité. Leur efficacité économique dépendra du bon calibrage des obligations réglementaires en fonction des caractéristiques des ménages et des logements, qui est délicat en raison de leur diversité.
- Si la tarification du carbone a un effet spontanément régressif sur les ménages, avec de surcroît une forte hétérogénéité entre ménages pour un niveau de revenu donné (cf. section 2.6), le design des mécanismes de subventions à la rénovation (MaPrimeRénov, CEE précarité) et d'accompagnement des ménages (chèque énergie), ciblés sur les plus modestes, permet de contrebalancer en partie ces effets anti-redistributifs.
- En tout état de cause, œuvrer à assurer des rénovations de qualité et fournir une information fiable sur la performance énergétique réelle des bâtiments améliore l'efficacité économique de la décarbonation du parc privé de logements, et ce quelle que soit la combinaison d'instruments considérée.

4.1 Décarboner le parc privé de logements : les enseignements de la littérature économique et des comparaisons internationales

4.1.1 L'atteinte de la neutralité carbone nécessite de combiner leviers technologiques et sobriété des usages

Les logements du parc privé, comme le reste du secteur résidentiel-tertiaire, doivent être totalement décarbonés d'ici 2050 dans le cadre de la stratégie nationale bas-carbone (SNBC).

Les émissions du secteur résidentiel privé représenteraient jusqu'à 13 % des émissions territoriales lorsque sont prises en compte les émissions liées à la production d'énergie et à la construction/rénovation.

- Les émissions directes du parc privé de logements peuvent être estimées à 38 Mt CO₂eq en 2021, soit 9 % des émissions territoriales de la France²²⁸.
- Aux émissions directes sur la phase d'usage des bâtiments s'ajoutent les émissions indirectes liées à la transformation de l'énergie (électricité et chauffage urbain) et les émissions liées à la construction/rénovation.
- Sur la phase d'usage du bâtiment, les émissions de gaz à effet de serre (GES) des logements sont en grande majorité dues au chauffage. Ce dernier représentait en effet 80 % des émissions directes de CO₂ liés aux émissions du secteur résidentiel en France en 2020.²²⁹ Viennent ensuite l'eau chaude sanitaire (13 %) et la cuisson (7 %). En matière de combustible, le gaz naturel représente 66 % des émissions de CO₂ des bâtiments résidentiels, devant le fioul (29 %), bien que ce dernier soit plus émetteur par unité d'énergie.

Historiquement, l'augmentation de la surface des logements pèse à la hausse sur les émissions des logements liées au chauffage, tandis que l'amélioration des performances thermiques et la décarbonation du mix énergétique contribuent à leur réduction. Sur la période 1990-2020, la surface par logement est en hausse de 12 %, le nombre de logements par habitant a augmenté de 19 %, et la population a crû de 15 %. Le rythme de construction annuel fut en moyenne de 363 000 logements, dont une moitié de logements individuels²³⁰, pour un parc de 37,2 millions de logements en janvier 2021²³¹. À l'inverse, le contenu carbone de l'énergie pour le chauffage résidentiel (en incluant l'électricité et les réseaux de chaleur) a diminué de 27 %, et la consommation d'énergie par surface a décliné de 38 %.²³² *In fine*, les émissions de CO₂ liées au chauffage résidentiel ont diminué de 30 % entre 1990 et 2020.

²²⁸ Emissions brutes hors UTCATF. Cette estimation est obtenue en appliquant la part du parc privé dans les résidences principales (80 %) aux émissions directes du secteur résidentiel. Cette estimation sous-estime probablement les émissions du parc privé pour au moins trois raisons : 1) Les résidences secondaires (10 % du parc de logements contre 82 % pour les résidences principales et 8 % pour les logements vacants), qui font partie du parc privé, ne sont pas prises en compte dans le ratio d'affectation des émissions au parc privé, 2) selon la métrique de la part des passoires thermiques, les logements sociaux sont environ deux fois plus performants que les logements du parc privé 3) le parc privé est en majorité constitué de maisons individuelles alors que le parc social est largement dominé par les appartements. Sources : ONRE (2022) « [Le parc de logements par classe de performance énergétique au 1er janvier 2022](#) », Document de travail et SDES (2022) « [Chiffres clés du logement](#) ».

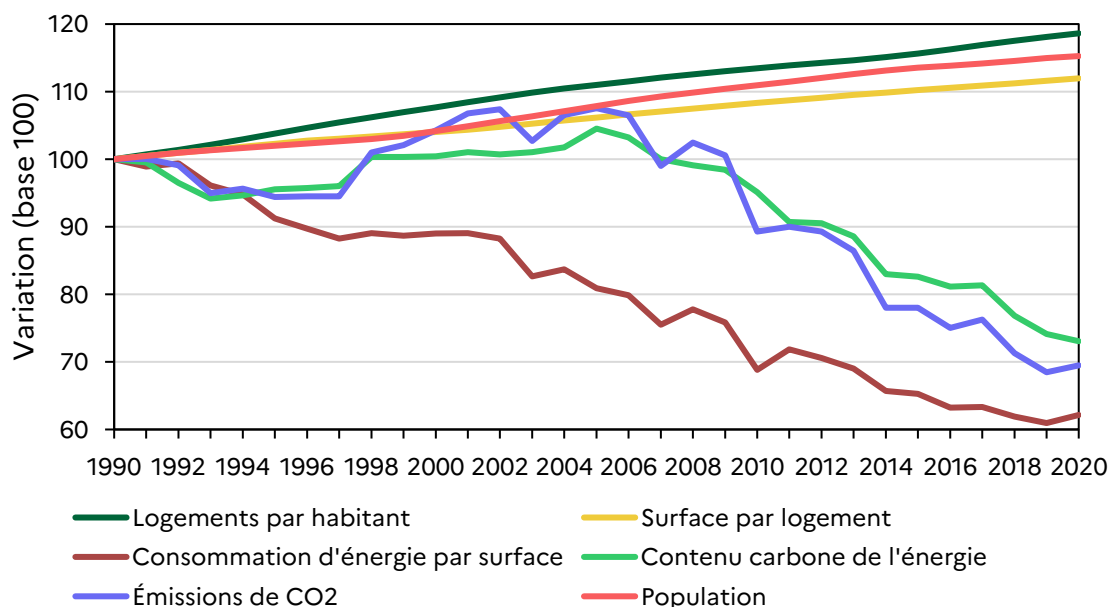
²²⁹ SDES (2022) « [Chiffres clés du climat](#) ».

²³⁰ Calcul à partir de [SDES, Sit@del2, estimations sur données arrêtées à fin janvier 2022 \(publication de fin février 2022\)](#), en tenant compte des logements commencés

²³¹ SDES (2022) « [Chiffres clés du logement](#) ».

²³² SDES (2022) « [Les facteurs d'évolution des émissions de CO₂ liées à l'énergie en France de 1990 à 2020](#) ».

GRAPHIQUE 1
Décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ liées au chauffage résidentiel



Source : SDES.

Notes : Indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques). Les émissions de CO₂ sont égales, à un facteur 100 près, au produit des autres grandeurs représentées.

La décarbonation des logements du parc privé telle qu'envisagée par la SNBC passe par une combinaison de leviers technologiques (décarbonation des vecteurs et efficacité énergétique) et de leviers de sobriété comportementale et foncière.

ENCADRÉ 1

Rénover, construire ou reconstruire : enjeux climatiques et économiques

La stratégie nationale bas-carbone (SNBC-2) privilégie la rénovation et la remise aux normes du parc de logements existants afin de limiter la construction neuve, et appelle à développer des formes urbaines plus denses²³³. Concernant la construction neuve, la réglementation environnementale de 2020 (RE2020)²³⁴ fixe des obligations d'utilisation de produits de construction et d'équipements peu carbonés²³⁵ et des exigences de performance énergétique très élevées.

Malgré cette réglementation ambitieuse, la priorisation de la rénovation se justifie notamment par l'empreinte carbone généralement moins importante de la rénovation par rapport à la construction neuve. En effet, la construction neuve est très significativement plus consommatrice en matériaux que la rénovation (la construction neuve d'une maison nécessite en moyenne 40 fois plus de quantité de matériaux que sa rénovation selon des études de l'ADEME²³⁶). Or la production de ces matériaux de construction est généralement émettrice de

²³³ Orientation URB de la SNBC-2.

²³⁴ Guide [RE2020](#)

²³⁵ Orientation B 3 de la SNBC-2.

²³⁶ Ademe (2019) « [Prospectives 2035 et 2050 de consommation de matériaux pour la construction neuve et la rénovation énergétique BBC](#) »

gaz à effet de serre²³⁷. De plus, si elle ne s'effectue pas sur des terrains déjà artificialisés, la construction neuve participe à l'artificialisation des sols, ce qui contribue au changement climatique en réduisant les capacités de stockage du carbone des sols. De même, la construction neuve peut concourir à l'étalement urbain et aux émissions associées, notamment celles liées aux transports.

Toutefois, si la construction neuve permet de densifier une zone urbaine déjà dense et artificialisée, comme par exemple lors du remplacement d'une maison individuelle par un habitat collectif, elle pourrait indirectement contribuer à réduire les émissions, en évitant de l'étalement urbain. De plus, la construction neuve d'habitat collectif en zone tendue, en augmentant l'offre de logements disponibles tout en minimisant l'impact environnemental, améliore l'accessibilité des ménages aux logements.

D'un point de vue économique, la rénovation énergétique d'un logement est généralement moins coûteuse que de le détruire et le reconstruire. En effet, la construction d'une maison individuelle coûte en moyenne entre 1 100 et 1 400 €/m²²³⁸ (entre 1 300 et 1 800 €/m² en moyenne pour un immeuble²³⁹). En comparaison, le prix de rénovation énergétique d'une maison se situe en moyenne entre 300 et 700 €/m² en fonction des travaux réalisés²⁴⁰.

Toutefois, si des travaux de rénovation non énergétiques additionnels sont nécessaires ou souhaités, le coût de la rénovation peut augmenter sensiblement, et parfois dépasser le coût du neuf. Ainsi, le coût d'une rénovation lourde, qui touche à la structure du bâtiment et inclut des travaux de gros œuvre, s'élève en moyenne entre 1 000 et 2 500 €/m²²⁴¹. En outre, au-delà des coûts, les préférences des ménages interviennent dans le choix de rénovation ou de reconstruction, et dépendent en particulier des caractéristiques architecturales du logement.

²³⁷ Carbon academy (2022) « [Quel bilan carbone pour le secteur du bâtiment ?](#) »

²³⁸ [Travauxavenue.com – Les tarifs pour la construction d'une maison individuelle](#) – consulté le 24/08/2023

²³⁹ [Travauxavenue.com – Le prix de la construction d'un immeuble](#) – consulté le 24/08/2023

²⁴⁰ [Monexpert – 2022 - Quel budget prévoir pour rénover une maison ? Les coûts au m²](#) – consulté le 24/08/2023

²⁴¹ [HelloArtisan – Prix d'une rénovation au m² en 2023](#) – consulté le 24/08/2023

Si la décarbonation des vecteurs énergétiques (électrification, raccordement aux réseaux de chaleur, biomasse) et la réduction de la consommation d'énergie (efficacité énergétique et sobriété) peuvent apparaître comme des leviers substituables pour la décarbonation des logements, l'enjeu de bouclage énergétique conduit à les mobiliser conjointement. Théoriquement, à consommation d'énergie donnée, l'électrification, le raccordement aux réseaux de chaleur et le recours à la biomasse permettent de décarboner les logements sur la phase d'usage, dans la mesure où l'électricité et la chaleur sont produites de manière décarbonée. Toutefois, les marges de manœuvre sur les capacités de production d'électricité bas-carbone, de biomasse et de chaleur bas-carbone sont limitées. Parallèlement, la demande future en énergie bas-carbone des autres secteurs (transports, industrie, bâtiments tertiaires) s'annonce forte, et plus encore en cas de réindustrialisation profonde^{242 243}. Enfin, le rendement d'une pompe à chaleur, système de chauffage privilégié pour l'électrification des vecteurs, est meilleur quand le logement est bien isolé²⁴⁴. L'enjeu de bouclage énergétique nécessite donc de mobiliser conjointement pour les logements le levier de la décarbonation des vecteurs énergétiques et le levier de la réduction de la consommation d'énergie afin de mener à bien la transition vers la neutralité carbone.

Parmi les pays européens, la Suède se distingue par un faible niveau d'émissions de son parc de logements sur la phase d'usage. Les émissions directes et indirectes pour le logement s'élevaient ainsi à 0,6 tonne de CO₂/logement en Suède en 2018, contre 1,9 tonne de CO₂/logement en France, 3,5 tonnes de CO₂/logement au Royaume-Uni, et 4,0 tonnes de CO₂/logement en Allemagne. Ce résultat reflète en premier lieu le mix énergétique du secteur résidentiel de ces différents pays et leur intensité carbone. Ainsi, les consommations énergétiques du secteur résidentiel suédois se répartissent à plus de 90 % entre l'électricité, les réseaux de chaleur, et la biomasse, la production d'électricité et de chaleur en Suède étant peu carbonée. À l'inverse, les énergies fossiles (gaz naturel et fioul) occupent encore une place importante dans les consommations énergétiques en France, et plus encore au Royaume-Uni et en Allemagne. L'efficacité énergétique occupe également une place centrale dans l'approche de la Suède. Ainsi, en rapportant les consommations au climat moyen européen, la Suède consommait environ 60 kWh/m² pour le chauffage de l'espace sur l'année 2018 contre 150 kWh/m² en France, 110 kWh/m² pour le Royaume-Uni, et 130 kWh/m² pour l'Allemagne (cf. Graphique 2). En dynamique, dans les pays de l'OCDE, le principal facteur de réduction des émissions de CO₂ pour le secteur résidentiel sur la période 2000-2020 est l'intensité carbone de l'énergie (cf. Graphique 3). Sur cette période, le Danemark, qui a connu la réduction la plus marquée des émissions de son secteur résidentiel (diminution de plus de 60 %), a substitué des énergies renouvelables au charbon et au gaz naturel utilisé pour la production d'électricité et de chaleur.

^{245, 246}

²⁴² SGPE (2023) « [La planification écologique dans l'énergie](#) ».

²⁴³ RTE (2022) « [Futurs énergétiques 2050](#) ».

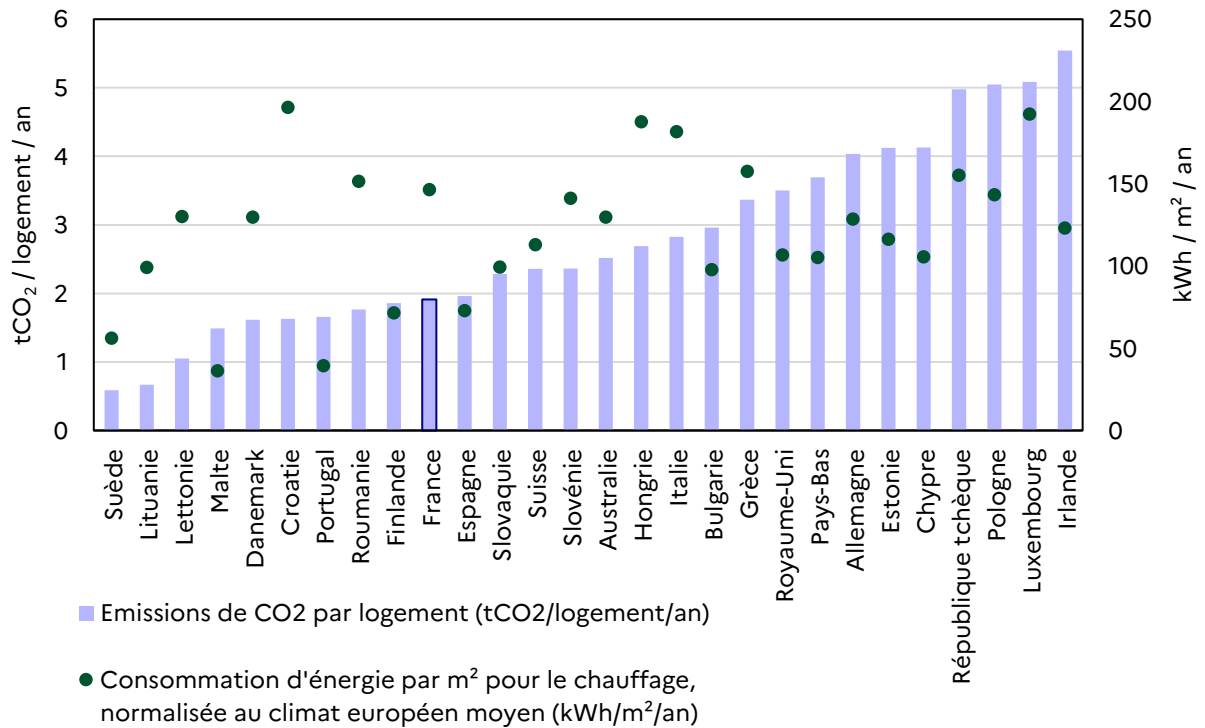
²⁴⁴ Lars Junghans (2015), "[Evaluation of the economic and environmental feasibility of heat pump systems in residential buildings, with varying qualities of the building envelope](#)".

²⁴⁵ [Base Odyssee](#), consultée le 05/04/2023

²⁴⁶ Hoeller, P., et al. (2023), "[Home, green home: Policies to decarbonise housing](#)", *OECD Economics Department Working Papers*, No. 1751.

GRAPHIQUE 2

Émissions des logements et consommation d'énergie pour le chauffage en Europe en 2018

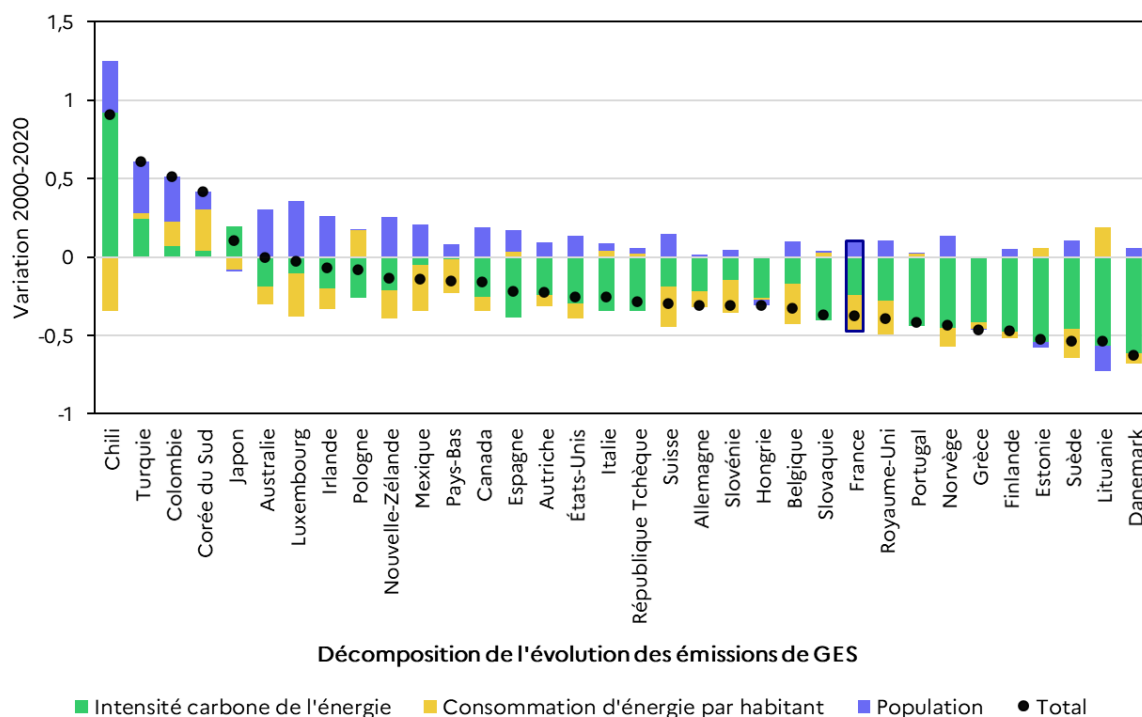


Source : base Odyssee.

Notes : Les émissions de CO₂ incluent l'électricité (émissions indirectes). Pour les émissions, une correction climatique est appliquée pour tenir compte, pour un pays donné, des variations climatiques d'une année sur l'autre. Pour la consommation d'énergie liée au chauffage (mais pas pour les émissions de CO₂), elle est normalisée au climat européen, proportionnellement aux degrés jours de chauffe²⁴⁷. Les données 2018 ne sont pas disponibles pour la Norvège, la Belgique et la Serbie.

²⁴⁷ Les degrés jour de chauffe est une valeur représentative de l'écart entre la température moyenne d'une journée et un seuil de température de 18°C, pour une saison froide.

GRAPHIQUE 3
Facteurs d'évolution des émissions totales de CO₂ pour le secteur résidentiel
sur la période 2000-2020 pour les pays de l'OCDE



Source : Hoeller, P., et al. (2023), "Home, green home: Policies to decarbonise housing", OECD Economics Department Working Papers, No. 1751.

ENCADRÉ 2

La décarbonation du parc de logements en Suède sur la phase d'usage

Le succès de la décarbonation du parc de logements suédois sur la phase d'usage (réduction de 70 % des émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre du secteur résidentiel entre 1990 et 2021²⁴⁸) repose sur un effort massif de long terme axé sur trois piliers techniques : (1) une bonne efficacité énergétique des bâtiments, en particulier *via* une construction neuve performante, (2) la décarbonation des vecteurs énergétiques pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, *via* notamment le développement massif et continu des réseaux de chaleur²⁴⁹ en milieu urbain et péri-urbain, et (3) la décarbonation de l'énergie primaire (production d'électricité et de chaleur).^{250, 251}

²⁴⁸ Source : [Base Odyssee](#)

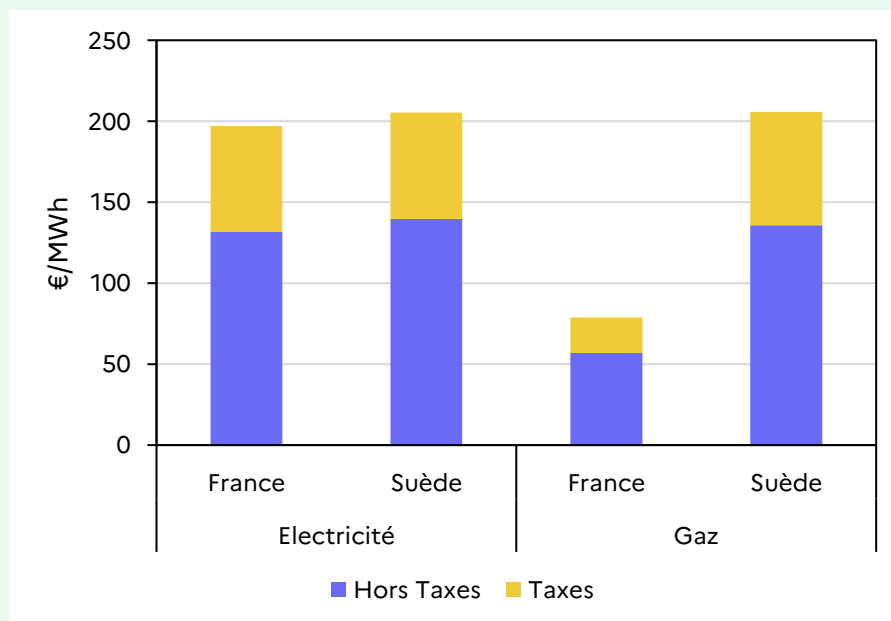
²⁴⁹ Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur qui permet de relier plusieurs bâtiments à une source de chaleur centralisée. Les sources de chaleur centralisée se classent en deux grandes catégories : (1) la combustion d'énergies fossiles, telles que le gaz naturel, le fioul ou le charbon ; (2) les énergies renouvelables et de récupération, telles que la biomasse, la géothermie, la cogénération ou la récupération de chaleur fatale. La chaleur est transportée par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur, généralement de l'eau chaude, dans un réseau de canalisations. Les bâtiments raccordés au réseau de chaleur récupèrent la chaleur au moyen d'un échangeur thermique.

²⁵⁰ Haut conseil pour le climat (2020) « [Rénover mieux : leçons d'Europe](#) ».

²⁵¹ Grosjean J. (2022) « [Les stratégies des pays nordiques en matière de rénovation énergétique des logements](#) », Réalités Industrielles - Annales des Mines.

GRAPHIQUE 4

Prix de l'électricité et du gaz en France et en Suède pour les particuliers



Source : Eurostat, deuxième semestre 2021 ; Calculs DG Trésor.

Note : Pour l'électricité, sont considérés tous les consommateurs ; pour le gaz naturel, la bande de consommation retenue est de 20GJ à 199 GJ (bande D2).

Ces trois piliers sont le résultat d'une politique combinant normes de construction exigeantes, investissement public dans les réseaux de chaleur et incitations financières en faveur des énergies bas-carbone. La Suède a commencé très tôt (dès les années 1960) à imposer des normes exigeantes de performance pour les bâtiments neufs.²⁵² De plus, la Suède s'appuie sur un réseau de chaleur très développé : il en existe dans toutes les communes de plus de dix mille habitants. Détenus et exploités par des organismes publics, les réseaux de chaleur suédois représentent le mode principal de chauffage dans 240 des 290 communes en Suède.²⁵³ Enfin, la décarbonation de l'énergie primaire s'appuie sur une taxe carbone, introduite en 1991 à 24 €/tCO₂, et qui a augmenté progressivement pour atteindre 123 €/tCO₂ en 2023²⁵⁴. Cette taxe carbone est couplée d'une part à des exonérations de fiscalité énergétique sur les bioénergies pour renforcer l'incitation environnementale, d'autre part à une diminution de certains droits d'accises pour limiter l'impact sur les ménages. En conséquence, au deuxième semestre 2021, le prix du gaz naturel pour les particuliers était 2,6 fois plus élevé en Suède qu'en France, alors que l'électricité n'était qu'environ 4 % plus chère. Si la fiscalité sur l'électricité était presque le triple de celle sur le gaz naturel en France avant la crise de l'énergie, ce n'était pas le cas en Suède, où la fiscalité sur le gaz naturel était similaire à celle de l'électricité. Ainsi, 1 MWh d'électricité avait un prix similaire à 1 MWh de gaz en Suède, alors que c'était plus du double en France. Enfin, les subventions à la rénovation et au changement de vecteur de chauffage en Suède ont fluctué mais n'apparaissent pas avoir été le principal moteur de la décarbonation²⁵⁵.

²⁵² *Ibid.*

²⁵³ Cerema (2014) « [Expérience suédoise sur les réseaux de chaleur](#) ».

²⁵⁴ [Government Offices of Sweden – Sweden's carbon tax](#) – page consultée le 25/04/2023

²⁵⁵ Bruel et Rosenow (2023) "The heat transition: Lessons from other Northern European countries on decarbonising heating", Resolution Foundation.

4.1.2 La politique du logement suit une multiplicité d'objectifs qui interagissent avec l'objectif de décarbonation

Les objectifs de la politique du logement et de l'habitat sont multiples et potentiellement en tension. Un objectif majeur est d'offrir à chacun un logement abordable et décent (notamment décent énergétiquement depuis 2021²⁵⁶). D'autres buts sociaux peuvent également être poursuivis, comme la mixité sociale. Enfin, des enjeux environnementaux viennent s'ajouter à ces objectifs, tels que la décarbonation et la sobriété énergétique, mais aussi la lutte contre l'étalement urbain (qui génère également des coûts économiques non environnementaux²⁵⁷) et l'artificialisation des sols^{258 259}. Par ailleurs, un des objectifs de la politique énergétique est la réduction de la précarité énergétique, qui ne se réduit pas à garantir la décence énergétique des logements, mais nécessite aussi de veiller à l'adéquation entre les ressources des ménages et leurs besoins élémentaires en énergie²⁶⁰. Concilier ces différents objectifs peut s'avérer délicat. Par exemple, réduire les émissions de gaz à effet de serre *via* une hausse du prix des énergies peut conduire à une augmentation de la précarité énergétique²⁶¹, alors que 11 % des ménages déclarent avoir souffert du froid pour des raisons financières dans leur logement au cours de l'hiver 2022-2023²⁶². À l'inverse, des rénovations ambitieuses de logements énergivores occupés par des ménages précaires permettraient de concilier amélioration du confort et de la décence, avec des co-bénéfices majeurs en matière de santé, réduction de la consommation d'énergie, et décarbonation.^{263 264}. C'est dans cette logique que s'inscrit le dispositif MaPrimeRénov', avec un taux de subvention majoré pour les ménages aux revenus modestes vivant dans des logements énergivores et entreprenant des rénovations globales. De même, si la construction neuve agrandit le parc de logements et facilite *in fine* l'accès au logement et à la propriété dans les zones tendues (10 % des ménages vivaient dans un logement surpeuplé en 2013²⁶⁵), elle contribue également à l'artificialisation des sols, en particulier dans le cas des maisons individuelles²⁶⁶.

4.1.3 Les coûts d'abattement de la rénovation énergétique sont hétérogènes, incertains, et possiblement sous-évalués

L'étude des coûts d'abattement socio-économiques permet de tenir compte au moins partiellement des autres objectifs de la politique du logement dans l'analyse des mesures de décarbonation. Les coûts d'abattement socio-économiques rapportent les coûts et bénéfices privés et publics d'une mesure de décarbonation aux émissions évitées. Dans le cadre de la décarbonation du parc privé de logements, il s'agit de hiérarchiser les actions en tenant compte de leurs différents effets positifs comme négatifs, dont par exemple la précarité énergétique et son impact sur la santé des individus. Mise en œuvre par la commission présidée par Patrick Criqui²⁶⁷, cette approche conduit ainsi à prioriser la rénovation des logements hébergeant des

²⁵⁶ Pour être mis en location en France, un logement doit respecter des critères de décence, qui inclut des seuils de performance énergétique ([Décret n° 2021-19 du 11 janvier 2021 relatif au critère de performance énergétique dans la définition du logement décent en France métropolitaine](#))

²⁵⁷ OCDE (2018) « [Repenser l'étalement urbain : vers des villes durables](#) ».

²⁵⁸ Rolland, B. (2011) « [Les politiques du logement en France](#) », OECD Economic Department Working Papers, (870)

²⁵⁹ Cour des comptes (2021) « [Restaurer la cohérence de la politique du logement en l'adaptant aux nouveaux défis](#) ».

²⁶⁰ La loi du 10 juillet 2010, dite loi Grenelle 2, énonce une définition légale de la précarité énergétique : « Est en situation de précarité énergétique [...] une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat ».

²⁶¹ Ürge-Vorsatz, D., et Herrero, S. T. (2012) "[Building synergies between climate change mitigation and energy poverty alleviation](#)", Energy policy, 49, 83-90.

²⁶² ONPE (2023), « [Les chiffres clés de la précarité énergétique](#) ».

²⁶³ Ürge-Vorsatz et al. (2012), *Ibid.*

²⁶⁴ Domergue, S. et al. (2022) « [Rénovation énergétique des logements : des bénéfices de santé significatifs](#) »

²⁶⁵ SDES (2022) « [Chiffres clés du logement](#) ».

²⁶⁶ France Stratégie (2019) « [Objectif 'zéro artificialisation nette' : quels leviers pour protéger les sols ?](#) »

²⁶⁷ France Stratégie (2022) « [Les coûts d'abattement – Partie 5 – Logement](#) ».

ménages en situation de précarité énergétique en raison notamment des bénéfices sanitaires qui y sont attendus.

Les coûts d'abattement socio-économiques des émissions des logements sont très hétérogènes : ils varient fortement en fonction de la rénovation considérée, mais aussi des caractéristiques du logement et du profil socio-économique de ses occupants.²⁶⁸ La localisation du logement joue par exemple un rôle majeur sur les besoins de chauffage, qui sont par exemple presque trois fois plus importants en Haute-Loire par rapport aux Alpes-Maritimes²⁶⁹, et *in fine* sur les économies d'énergie réalisées ou l'amélioration du confort thermique. De même, les ménages à faible revenu ont des bénéfices sanitaires plus importants en cas de rénovation énergétique lorsqu'ils habitent dans un logement énergivore²⁷⁰, mais ils seraient également davantage sujets à un effet rebond^{271,272}. Le coût et les économies d'énergie réalisés dépendent également des travaux entrepris, avec de surcroît une forte hétérogénéité pour un même type de travaux.^{273 274}

Le coût d'abattement socio-économique est un outil utile qui comporte toutefois plusieurs limites dont il faut tenir compte pour assurer son bon usage. En premier lieu, il résulte d'une approche marginaliste (réduction marginale des émissions de gaz à effet de serre) là où l'atteinte de la neutralité carbone nécessite une approche systémique.²⁷⁵ Il s'avère donc davantage approprié pour prioriser les efforts à court et moyen terme, plutôt qu'à long terme. Concrètement, dans le cas de la décarbonation des logements, une approche systémique invite à s'interroger notamment sur la consommation totale d'énergie bas-carbone du secteur résidentiel à l'issue de la transition, et le bouclage avec le reste du système énergétique. Les implications sont potentiellement importantes sur le niveau de performance énergétique visé à terme pour le parc de logements (niveau BBC ou moins ambitieux), ce que ne permet pas d'analyser seul le coût d'abattement. Néanmoins, la planification de long terme sur les trois décennies restantes de la transition comporte de nombreuses incertitudes, ce qui justifie une priorisation des actions les plus coûts-efficaces à court et moyen terme, tout en évitant que ces dernières ne conduisent à une situation identifiée de verrouillage (*lock-in*) bloquant la réussite de la transition à l'horizon 2050. Par ailleurs, les incertitudes dans le calcul du coût d'abattement socio-économique sont nombreuses : évolution du coût des technologies, valorisation des bénéfices sanitaires, estimation des économies d'énergie réalisées, prix de l'énergie et du carbone, taux d'actualisation socio-économique, etc. Cette incertitude est particulièrement importante pour le secteur du logement, dont les coûts et bénéfices de la décarbonation sont spécifiques à chaque paire logement-ménage occupant.²⁷⁶

Les coûts d'abattement socio-économiques dans le secteur des logements sont soumis à de fortes incertitudes à la fois statiques et dynamiques, avec en particulier des coûts non monétaires de la rénovation énergétique qui seraient substantiels. La littérature empirique suggère des coûts non monétaires ou indirects très importants, qui sont par nature difficiles à

²⁶⁸ *Ibid.*

²⁶⁹ En utilisant le critère des degrés jours unifiés pour l'année 2022. SDES (2023) « [Indice de rigueur - Degrés-jours unifiés aux niveaux national, régional et départemental](#) »

²⁷⁰ Domergue, S. et al. (2022).

²⁷¹ Peñasco, C., et Anadón, L. D. (2023) "[Assessing the effectiveness of energy efficiency measures in the residential sector gas consumption through dynamic treatment effects: Evidence from England and Wales](#)", *Energy Economics*, 117.

²⁷² Chitnis, M., Sorrell, S., Druckman, A., Firth, S. K., et Jackson, T. (2014) "Who rebounds most? Estimating direct and indirect rebound effects for different UK socioeconomic groups", *Ecological Economics*.

²⁷³ Observatoire national de la rénovation énergétique (2021) « [La rénovation énergétique des logements – Bilan des travaux et des aides entre 2016 et 2019](#) », pp.77-78

²⁷⁴ Adan, H., et Fuerst, F. (2016) "Do energy efficiency measures really reduce household energy consumption? A difference-in-difference analysis", *Energy Efficiency*.

²⁷⁵ Hallegatte, S. (2023) « [Du bon usage du coût d'abattement pour piloter la transition](#) ».

²⁷⁶ Giraudet L-G. (2021) « [La rénovation énergétique des logements : où en est-on ?](#) », Commission de l'économie du développement durable.

estimer²⁷⁷. Ils correspondent aux coûts de transaction pour le maître d'ouvrage (e.g. sélection des artisans, suivi des travaux) et aux désagréments liés aux travaux (nuisances sonores, inoccupation du logement, risques de retards, etc.). Dans un modèle largement utilisé en France pour la modélisation des politiques de décarbonation des logements (Res-IRF 3), ces coûts non monétaires, aussi appelés coûts cachés ou intangibles, sont calibrés pour représenter 50 % à 60 % des coûts d'investissement en rénovation énergétique.^{278,279} Une autre incertitude concerne l'évolution future des prix de l'énergie, dont dépendent le montant des économies réalisées. De manière dynamique, l'évolution du coût d'abattement des émissions des logements va aussi dépendre du progrès technique dans la rénovation énergétique, et notamment de l'innovation future dans les pompes à chaleur, qui pourraient devenir encore plus performantes.²⁸⁰

Selon de nouvelles estimations de la DG Trésor, les coûts d'abattement hors bénéfiques sanitaires croissent avec la performance énergétique visée. Les hypothèses différentes retenues dans le cadre du Budget Vert 2024 se focalisent sur la rentabilité économique hors bénéfiques sanitaires, et les estimations montrent que la rentabilité diminue à mesure que la performance énergétique visée augmente²⁸¹ (cf. Tableau 1). Toutefois, le coût d'abattement doit être placé au sein d'une grille d'analyse plus complète (grille d'analyse ABCDE), mettant en avant par exemple d'autres considérations, comme le bouclage énergie.

TABLEAU 1

Les coûts d'abattement économiques de la rénovation énergétique dans le cas d'une isolation avec conversion vers une pompe à chaleur (PAC)

DPE d'arrivée	Vecteur de chauffage de départ	Fourchette de coût d'abattement des DPE de départ, pour le scénario mobilisé
A	PAC	> 2 000 €/tCO ₂ éq
	Élec. (hors PAC)	> 1 500 €/tCO ₂ éq
	Gaz	Entre 500 et 2 000 €/tCO ₂ éq
	Fioul	Entre 250 et 1 000 €/tCO ₂ éq
B	PAC	> 250 €/tCO ₂ éq
	Élec. (hors PAC)	Entre 0 et 500 €/tCO ₂ éq
	Gaz	Entre 0 et 250 €/tCO ₂ éq
	Fioul	Coûts d'abattement négatifs
C	PAC	> 500 €/tCO ₂ éq
	Élec. (hors PAC)	Coûts d'abattement potentiellement négatifs
	Gaz	Entre 0 et 250 €/tCO ₂ éq
	Fioul	Coûts d'abattement négatifs

Source : calculs DG Trésor tirés du Budget Vert 2024²⁸².

²⁷⁷ Fowlie, M., Greenstone, M., et Wolfram, C. (2015) "Are the non-monetary costs of energy efficiency investments large? Understanding low take-up of a free energy efficiency program", *American Economic Review*.

²⁷⁸ France Stratégie (2022) « [Les coûts d'abattement – Partie 5 – Logement](#) », p. 133.

²⁷⁹ Giraudet, L., Bourgeois, C. et Quirion, P. (2020) « [Efficacité économique et effets distributifs de long terme des politiques de rénovation énergétique des logements](#) », *Économie et prévision*, 217, 43-63.

²⁸⁰ IEA (2022), "[Heat Pumps](#)"

²⁸¹ [Rapport](#) sur l'impact environnemental du budget de l'État pour 2024

²⁸² Cette analyse a été réalisée en utilisant un taux d'actualisation de 3,2 %, un effet rebond de 20 %, des coûts non-monétaires de rénovation (e.g., coûts de collecte d'information, désagrément des travaux) s'élevant à 50 % de l'investissement initial et une durée de référence de 20 ans, sur un périmètre inventaire, en recourant à des trajectoires

Les études empiriques suggèrent des coûts d'abattement beaucoup plus élevés qu'anticipés par le passé. Les études *ex ante*, s'appuyant sur des modélisations de thermique du bâtiment, calculaient un large gisement de rénovations rentables de manière privée, en tenant simplement compte du coût d'investissement et des économies d'énergie réalisées.^{283 284} Cela signifie donc un coût d'abattement négatif pour l'acteur de la rénovation, dont les bénéfices seraient obtenus en levant les différentes défaillances de marché et de comportement (cf. section 4.2.1.). Or la littérature empirique *ex post* révèle que les économies effectivement réalisées peuvent être plus faibles qu'anticipées (cf. Encadré 3 ci-dessous), avec toutefois comme limite l'ancienneté des données (à une époque où les subventions ciblaient des mono-gestes parfois peu efficaces et dans un environnement technologique différent), ce qui invite à la prudence quant aux enseignements à en tirer pour aujourd'hui. De plus, aux économies d'énergie surestimées s'ajoutent des coûts monétaires directs de rénovation sous-estimés par certains modèles (cf. Encadré 4). Le cumul de ces deux effets conduit à des coûts d'abattement privés de la rénovation énergétique relativement élevés. Ainsi, une étude économétrique sur données françaises (période 2000-2013)²⁸⁵ estime le coût d'abattement moyen de la rénovation énergétique à environ 350 € par tonne de CO₂ (en ne tenant compte que des coûts et bénéfices directs, c'est-à-dire la dépense monétaire pour les travaux et les économies d'énergie réalisés). Des études économétriques sur données américaines²⁸⁶ ou britanniques²⁸⁷ corroborent le constat de coûts d'abattement relativement élevés.

de prix et de facteurs d'émission des différents vecteurs énergétiques constants au cours du temps (en adéquation avec les travaux de la Commission Criqui).

Sources : Prix de l'énergie 2018 (hypothèses de la Commission Criqui) ; les hypothèses de coût ont été collectées et partagées par le Cired sur la base de données récentes. Les hypothèses de coût d'isolation expriment le coût unitaire moyen (en €/m²) de l'isolation d'une partie de l'enveloppe (mur, toit, fenêtres ou sol) à un niveau de transmission thermique (coefficient U) égal à la transmission thermique moyenne d'un logement B (ADEME 2019, Enertech 2021, Observatoire BBC 2021). Les hypothèses de coût d'un changement de système de chauffage sont issues de données RTE-ADEME de 2020. Les données primaires sur le stock de logements résidentiels ont été construites par le SDES à partir de la base DPE de l'ADEME sur la période 2017-2018 et correspondent à la représentation du parc en 2018. Elles ont été retraitées par le Cired à l'aide du Building Energy Model pour attribuer aux logements des caractéristiques plus précises sur la performance des divers éléments de leur enveloppe. Les DPE des logements y sont exprimés en fonction de la définition pré-réforme de 2021 (critère énergie uniquement). Ces hypothèses de coût et de stock ont été mises en commun par la DG Trésor pour obtenir des hypothèses de coût moyen par transition de DPE et de système de chauffage ; les intensités carbone des différents vecteurs énergétiques sont issues de la Base Empreinte de l'ADEME.

²⁸³ Camilier-Cortial, I. et al. (2017) « Barrières à l'investissement dans l'efficacité énergétique: quels outils pour quelles économies ? », Document de Travail n°2017-02, Direction Générale du Trésor.

²⁸⁴ Souriadakis, A., Catala, F. et L'hostis, C. (2018) « [Efficacité énergétique : coûts et bénéfices économiques des investissements dans le secteur résidentiel et immobilier de bureaux en France](#) ».

²⁸⁵ Glachant M., Kahn V. et Lévêque F. (2020) « [Une estimation économétrique de l'impact des travaux de rénovation énergétique sur la consommation d'énergie et les émissions de carbone](#) »

²⁸⁶ Fowlie, M., Greenstone, M., et Wolfram, C. (2018) "Do energy efficiency investments deliver? Evidence from the weatherization assistance program", *The Quarterly Journal of Economics*.

²⁸⁷ Peñasco, C., et Anadón, L. D. (2023) "[Assessing the effectiveness of energy efficiency measures in the residential sector gas consumption through dynamic treatment effects: Evidence from England and Wales](#)", *Energy Economics*.

ENCADRÉ 3

Le Weatherization Assistance Program (WAP) aux USA : des économies d'énergie calculées bien supérieures aux économies d'énergie réelles

Le Weatherization Assistance Program (WAP) est le plus grand programme de subvention à la performance énergétique des logements aux États-Unis. Il a fait l'objet d'une évaluation empirique *ex post* menée auprès d'un échantillon d'environ 30 000 ménages du Michigan au début des années 2010.²⁸⁸ Les résultats suggèrent que les coûts d'investissement initiaux représentent environ le double des économies d'énergie réelles. De plus, les économies projetées par le modèle sont plus de trois fois supérieures aux économies réelles. Bien que cela puisse en théorie être attribué à l'effet « rebond » – lorsque la demande d'utilisations finales d'énergie augmente en raison d'une plus grande efficacité énergétique – l'évaluation ne trouve pas de preuves de températures intérieures significativement plus élevées dans les maisons isolées. Même en tenant compte des avantages sociétaux plus larges découlant des réductions d'émissions de gaz à effet de serre, les coûts l'emportent encore largement sur les avantages : le taux de rendement socio-économique moyen est d'environ -7,8 % en utilisant la valeur officielle du coût social du carbone de l'époque pour les États-Unis (\$38/tCO₂). Une hypothèse avancée dans l'étude pour expliquer ce faible rendement est une surestimation systématique des économies d'énergie par les modèles de thermique du bâtiment fournissant les projections d'économies d'énergie. Cependant, le taux de rendement socio-économique est calculé à l'aide d'une valeur de l'action pour le climat – ou VAC, qui valorise les émissions de CO₂ évitées – américaine bien plus faible que la VAC française actuelle.

ENCADRÉ 4

Coûts de la rénovation énergétique

Les coûts de la rénovation énergétique en maison individuelle et en copropriété varient en fonction de plusieurs facteurs, et notamment l'état du logement avant travaux, la nature des travaux à réaliser, et la qualité des matériaux et des équipements utilisés. Les coûts de la rénovation subventionnée apparaissent fortement supérieurs à des estimations de coûts provenant d'autres sources, comme ceux retenus par le modèle de simulation du parc de logement ResIRF, sur lesquels les travaux de la commission sur les coûts d'abattement présidée par P. Criqui s'appuient. Il n'est pas possible de savoir à ce stade si l'écart provient de méthodes et données différentes, de natures de travaux différents, si les rénovations subventionnées ne sont pas les gestes les moins coûteux, ou si les subventions ont un effet inflationniste sur le coût des travaux.

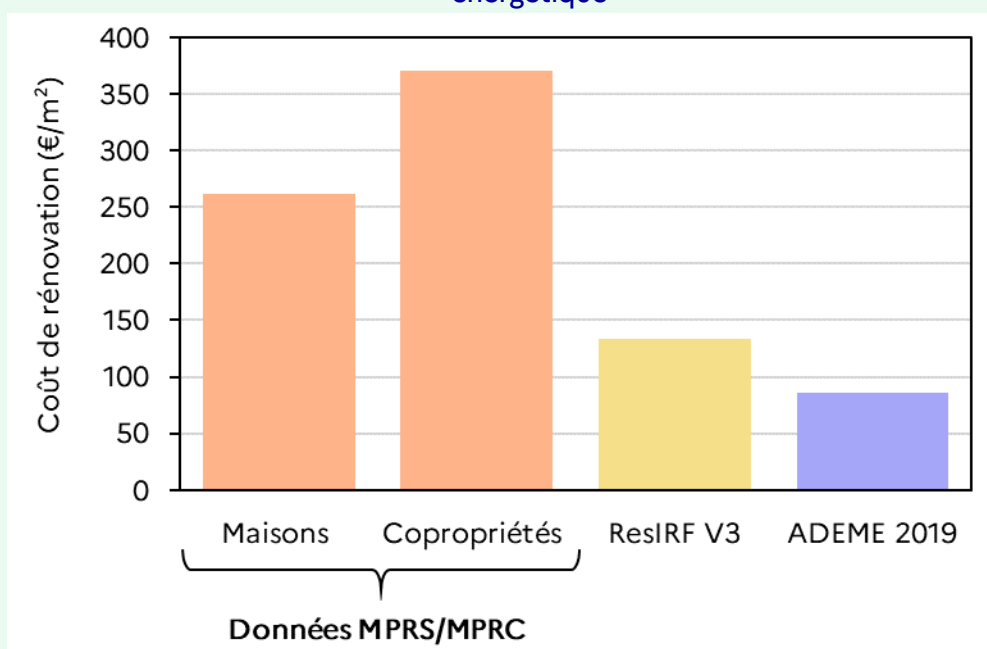
Les calculs de la DG Trésor à partir des coûts constatés des travaux subventionnés par MaPrimeRénov Sérénité et MaPrimeRénov' Copropriétés aboutissent à des estimations des coûts de rénovation moyens pour le saut de 2 classes de DPE pour une passoire énergétique de 270 €/m² pour les maisons individuelles, et 360 €/m² pour les appartements. Ces estimations suggèrent des coûts de rénovation plus élevés en habitat collectif. Par ailleurs, et de manière attendue, les coûts de rénovations augmentent avec l'ambition de rénovation. Pour une maison

²⁸⁸ Fowle, M., Greenstone, M., et Wolfram, C. (2018) "[Do energy efficiency investments deliver? Evidence from the weatherization assistance program](#)", *The Quarterly Journal of Economics*.

individuelle, ils sont en moyenne de 210 €/m² pour un saut d'une classe énergétique, contre 320 €/m² pour un saut de trois classes énergétiques (pour l'habitat collectif, les chiffres sont respectivement 220 €/m² pour un saut d'une classe énergétique, et 640 €/m² pour un saut de trois classes énergétiques).

GRAPHIQUE 5

Coûts d'une rénovation énergétique permettant un gain de 2 classes de DPE pour une passoire énergétique



Source : données MPRS/MPRC 2022, calculs DG Trésor.

Note : coûts estimés à partir des données des dispositifs MaPrimeRénov Sérénité et MaPrimeRénov Copropriété, des données d'entrée du modèle de simulation du parc de logement Res-IRF 3 (basées sur le DPE pré-réforme de juillet 2021) et de données récentes de l'ADEME s'appuyant sur une enquête de prix réalisée en 2018 par des acteurs publics locaux de la rénovation (également basées sur le DPE pré-réforme de juillet 2021).

Les caractéristiques de la filière rénovation (prévalence de TPE/PME, faibles gains de productivité, difficultés de recrutement) suggèrent qu'une décroissance future des coûts de la rénovation sera difficile à obtenir. Le secteur de la construction est en effet très fragmenté : les petites et moyennes entreprises (PME) représentent 99 % des entreprises du secteur et comptent pour plus de deux tiers des emplois salariés en équivalent temps plein et de la valeur ajoutée hors taxe. À titre de comparaison, le secteur de l'industrie manufacturière est également composé de 99 % de PME, mais elles ne représentent que moins d'un tiers des emplois salariés et de la valeur ajoutée.²⁸⁹ Une telle fragmentation réduit la possibilité d'exploiter d'éventuelles économies d'échelle ou de gamme. De plus, le secteur de la construction se caractérise par de faibles gains

²⁸⁹ Insee (2022) « [Principales caractéristiques des entreprises en 2020](#) »

de productivité sur temps long comparé aux secteurs de l'industrie ou de l'agriculture.^{290 291} Enfin, l'atteinte des objectifs de la SNBC en matière de rénovation énergétique conduit à des besoins en emplois supplémentaires dans le secteur de la rénovation estimés entre 170 000 et 250 000 emplois à l'horizon 2030, pour un nombre d'emplois actuellement estimé entre 150 000 et 300 000 équivalents temps plein.²⁹² Ce besoin d'emplois supplémentaires s'inscrit dans un contexte où les métiers de la construction concentrent déjà d'importantes tensions de recrutement. Ce déséquilibre offre-demande est susceptible de rehausser les coûts futurs de la rénovation, tout comme d'éventuelles tensions sur certains matériaux.

Les besoins d'investissements pour la décarbonation des logements seraient importants. Les besoins d'investissements supplémentaires bruts sont estimés entre +5 à +15 Md€/an en moyenne entre 2024 et 2030 selon les différentes études existantes, relativement à 2021 (cf. section 1.3.1). Selon un document de travail de la DG Trésor à paraître, les besoins du résidentiel seraient plafonnés à +10 Md€/an en moyenne en ciblant des gestes parmi les plus coûts-efficaces, consistant à horizon 2030 en une combinaison de rénovations globales de passoires thermiques et d'installation de pompes à chaleur. Ces investissements seraient financés par une combinaison de fonds privés et publics dont le partage dépend des instruments déployés.

4.2 L'intervention publique pour décarboner le parc privé de logements et ses implications économiques

4.2.1 De nombreuses défaillances de marché et de comportements et d'autres barrières font obstacle à la décarbonation des logements

La décarbonation du parc privé de logements fait intervenir différents marchés en proie à plusieurs défaillances en sus de l'externalité climatique, qui remettent en cause l'efficacité et l'efficience d'une décarbonation s'appuyant sur le seul prix du carbone et d'une trajectoire de sobriété énergétique reposant sur une seule tarification de l'énergie. Ces défaillances de marché, présentées de façon théorique dans le chapitre 2, sont les suivantes dans le secteur du logement :

- **Externalité climatique.** La construction et l'usage des logements génèrent des émissions de gaz à effet de serre qui contribuent au changement climatique, générant ainsi des coûts pour la société qui ne sont pas spontanément pris en compte par le marché.
- **Asymétries d'information** sur la performance énergétique des bâtiments :
 - Marché de l'immobilier et marché locatif. Les propriétaires d'un logement tendent à être mieux informés sur la performance énergétique de leur bien qu'un locataire ou un potentiel acheteur^{293, 294}. Les incitations à investir dans la performance énergétique des logements sont en conséquence réduites car celle-ci est insuffisamment valorisée sur le marché de l'immobilier ou de la location²⁹⁵ (cf. Encadré 8 sur la valeur verte pour une discussion sur la réalité de cette sous-

²⁹⁰ Croissance moyenne de la productivité horaire 1970-2019 : +0,6 %/an dans la construction, contre 3,1 % dans l'industrie, et 2,6 % dans l'agriculture.

²⁹¹ McKinsey Global Institute – 2017 – Reinventing construction: a route to higher productivity

²⁹² France Stratégie (2023) « [Conférence annuelle des métiers et des compétences](#) »

²⁹³ Myers, E. (2020) "[Asymmetric information in residential rental markets: Implications for the energy efficiency gap](#)", *Journal of Public Economics*.

²⁹⁴ Frondel M., Gerster A., Vance, C. (2020) "The power of mandatory quality disclosure: Evidence from the German housing market", *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*.

²⁹⁵ Les asymétries d'information dans le cadre locatif sont couramment évoquées sous le nom de « dilemme propriétaire-locataire ».

valorisation, qui tend à se réduire)²⁹⁶. 58 % des ménages étaient propriétaires de leur résidence principale en 2021, et 25 % des ménages étaient locataires dans le parc privé²⁹⁷.

- Marché de la rénovation énergétique. Les artisans tendent à être mieux informés que les maîtres d'ouvrage quant à la qualité d'une rénovation énergétique²⁹⁸. Une telle situation conduit théoriquement à une qualité dégradée des rénovations énergétiques proposées sur le marché²⁹⁹, ce qui pourrait expliquer au moins partiellement la faiblesse des économies observées par rapport aux projections (cf. Section 4.1.3), même si les éléments empiriques manquent pour étayer cette hypothèse.

Par ailleurs, la décarbonation du parc privé de logements fait intervenir les ménages, dont les décisions peuvent être entachées de biais comportementaux ; la réalité et l'ampleur de ces biais sont toutefois sujettes à caution. On peut notamment mentionner les deux biais suivants :

- **Myopie des ménages (court-termisme)**. Les ménages utiliseraient un taux d'actualisation trop élevé par rapport à ce qui serait financièrement rationnel, ce qui aurait comme conséquence un sous-investissement en efficacité énergétique au regard des économies d'énergie futures attendues. Si plusieurs études empiriques étayaient ce constat général de myopie³⁰⁰, l'ampleur de cette myopie pour le secteur résidentiel reste incertaine.
- **Inattention aux coûts de l'énergie**. Les ménages sont inattentifs à certains coûts non saillants quand ils prennent une décision.³⁰¹ Une inattention aux prix de l'énergie conduirait ainsi à un sous-investissement en efficacité énergétique. Toutefois, certaines études sur données américaines suggèrent que les ménages sont bien attentifs aux prix de l'énergie dans le secteur résidentiel.³⁰²

Enfin, d'autres barrières font obstacle à la rénovation énergétique :

- La structure des prix de l'énergie pour les particuliers pourrait conduire à des choix de rénovation sous-optimaux. Le marché de la fourniture d'énergie aux particuliers se partage schématiquement entre, d'une part, les tarifs réglementés de vente ou les offres de marché indexées sur une formule de référence³⁰³ et, d'autre part, les offres à prix fixe. La structure de ces offres, qui repose sur une tarification moyenne de l'énergie, ne reflète que faiblement les prix de marchés de court terme et l'état de tension du système énergétique. Ce mode de tarification peut influencer sur les caractéristiques des investissements réalisés en efficacité énergétique, avec un sous-investissement dans des dispositifs de flexibilité et pilotage de la demande (e.g. permettant de faire fonctionner le chauffe-eau prioritairement en heures creuses), ce qui augmente en conséquence le coût de la décarbonation des émissions indirectes (ici, les émissions liées à la production d'électricité).³⁰⁴

²⁹⁶ Fleckinger P., Glachant M., et Kamga P. H. T. (2019) "[Energy performance certificates and investments in building energy efficiency: a theoretical analysis](#)", *Energy Economics*.

²⁹⁷ SDES (2022) « [Chiffres clés du logement](#) ».

²⁹⁸ Giraudet L. G., Houde S. et Maher, J. (2018) "[Moral hazard and the energy efficiency gap: Theory and evidence](#)", *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*.

²⁹⁹ Akerlof, G. A. (1970) "[The market for 'lemons': Quality uncertainty and the market mechanism](#)", *The quarterly journal of economics*.

³⁰⁰ Gerarden T. D., Newell R. G. et Stavins, R. N. (2017) "[Assessing the energy-efficiency gap](#)", *Journal of economic literature*.

³⁰¹ *Ibid.*

³⁰² Myers, E. (2019) "[Are home buyers inattentive? Evidence from capitalization of energy costs](#)", *American Economic Journal: Economic Policy*.

³⁰³ La formule des TRVe, celle des TRVg jusqu'en juin 2023, et selon toutes probabilités le prix repère de vente de gaz naturel publié par la CRE à compter de juillet 2023.

³⁰⁴ Boomhower J. et Davis, L. (2020) "[Do energy efficiency investments deliver at the right time?](#)", *American Economic Journal: Applied Economics*.

- Les contraintes de crédit pourraient empêcher certaines rénovations d’aboutir. Si l’accès au crédit est entravé, cela induirait un sous-financement de la performance énergétique des logements, qui nécessite pourtant un accès à des capitaux importants³⁰⁵ : le montant des travaux de rénovation énergétique peut atteindre plusieurs dizaines de milliers d’euros³⁰⁶, avec des économies d’énergie qui s’étalent ensuite sur plusieurs années. De telles contraintes de crédit pourraient provenir de plusieurs sources, dont une asymétrie d’information entre les propriétaires et les banques. En effet, les banques sont moins bien informées sur le niveau de risque associé à un emprunt de rénovation énergétique que le propriétaire souhaitant réaliser les travaux, ce qui pourrait les conduire à proposer des taux d’intérêt élevés par rapport au véritable niveau de risque de ces investissements, voire à refuser d’accorder certains crédits. Les ménages modestes font face à des obstacles plus importants pour accéder au crédit du fait de leur moindre solvabilité³⁰⁷.

Les coûts de transaction et d’intervention lors de la rénovation énergétique sont importants, et vraisemblablement plus encore dans les copropriétés. Au-delà des coûts d’information, de recherche et de suivi des travaux évoqués précédemment, la décarbonation de bâtiments en copropriété présente des difficultés supplémentaires liées à la prise de décision collective.³⁰⁸ Le processus décisionnel en copropriété est en effet complexe et particulièrement long, retardé notamment par l’annualité des assemblées générales. De plus, l’impact des défaillances comportementales est amplifié dans le cas des copropriétés, puisque les ménages qui n’y seraient pas soumis et souhaiteraient entreprendre des travaux peuvent être bloqués par d’autres. En outre, les contraintes d’intervention en milieu urbain (règles architecturales notamment) complexifient les interventions, ce qui peut occasionner des coûts additionnels. À l’inverse, les copropriétés pourraient bénéficier d’économies d’échelle qui rendraient les travaux moins coûteux. Empiriquement, les premières analyses menées par la DG Trésor suggèrent des coûts financiers au mètre carré de rénovation bien supérieurs pour les copropriétés (cf. Encadré 4).

4.2.2 Des instruments ont été déployés par la puissance publique pour remédier à ces obstacles, avec des implications économiques multiples

4.2.2.1 La tarification du carbone et le signal-prix sur les énergies

La France a mis en place une tarification carbone s’appliquant notamment au secteur du logement, bien que celle-ci reste probablement insuffisante au regard de l’objectif de neutralité carbone. La tarification effective du carbone pour les émissions liées à la combustion d’énergie dans le secteur résidentiel est estimée en France à 51 €/tCO₂eq et prend principalement la forme de l’accise sur les énergies fossiles³⁰⁹, dont la composante carbone à 44,6 €/tCO₂, composante de l’accise sur les énergies. Selon la théorie économique, la taxe carbone est l’instrument le plus efficace pour inciter à la décarbonation. Dans le secteur du logement, le renchérissement du prix des énergies fossiles incite les ménages à réduire leur consommation de chauffage en mettant en œuvre les actions les plus coût-efficaces (e.g. changement de vecteur de chauffage). Les études empiriques montrent également que les ménages réduisent leur consommation d’énergie quand les prix ou les taxes augmentent (cf. Encadré 5). Ainsi, l’Encadré 3 du Chapitre 2 illustre comment une tarification carbone renforcée permettrait d’accroître la rentabilité relative pour les ménages de l’acquisition d’une pompe à chaleur relativement aux chaudières à gaz : après prise en compte

³⁰⁵ Gerarden T. D., Newell R. G. et Stavins, R. N. (2017) “[Assessing the energy-efficiency gap](#)”, *Journal of economic literature*.

³⁰⁶ La dépense moyenne de rénovation par logement (maison individuelle) pour les ménages ayant réalisé plusieurs gestes de rénovation sur la période 2017-2019 (travaux s’étendant sur au moins deux ans) était ainsi de 18 600 €. Source : ONRE (2022) « [La rénovation énergétique des logements](#) », p. 80.

³⁰⁷ Giraudet, L., Bourgeois, C. et Quirion, P. (2020) « [Efficacité économique et effets distributifs de long terme des politiques de rénovation énergétique des logements](#) », *Économie et prévision*.

³⁰⁸ *Ibid.*

³⁰⁹ [Rapport sur l’impact environnemental du budget de l’Etat pour 2024 \(p.314\)](#)

des subventions à l'installation, et avec une hausse illustrative de la tarification carbone d'environ 55 €/tCO₂, le temps de retour sur investissement d'une pompe à chaleur est raccourci d'une durée comprise entre 1 et 4 ans, selon les montants d'aides versés aux ménages.

ENCADRÉ 5

Elasticité-prix de la demande en énergie pour le logement

Les ménages réagissent à l'augmentation des prix de l'énergie en réduisant leur consommation. Le concept d'élasticité-prix de la demande en énergie quantifie le ratio entre réduction de la consommation et augmentation des prix de l'énergie. On distingue l'élasticité-prix de court terme (moins d'un an) de celle de long terme, où les ménages mettent en place des changements structurels : rénovation énergétique, mise en place de pratiques de sobriété pérennes, etc. L'élasticité-prix de long terme est ainsi plus élevée que celle de court terme.

Il existe une vaste littérature internationale sur l'élasticité-prix de la demande en énergie des ménages, avec des résultats hétérogènes. Une méta-analyse datée de 2017³¹⁰, qui relaye une grande disparité dans les résultats des études, estime une élasticité-prix de la demande en énergie des ménages de -0,2 en moyenne à court-terme et -0,6 à long-terme, sans différence notable entre les élasticité-prix pour les carburants de transport et pour les énergies de chauffage.³¹¹ Cela signifie qu'une augmentation de 10 % du prix de l'énergie conduit à une réduction de 2 % de la consommation des ménages à court terme, et 6 % à long terme. En France, les études récentes estiment une élasticité prix de la demande d'énergie pour le logement autour de -0,2/-0,35 à court terme.³¹² La demande des ménages modestes est généralement plus élastique que celle des ménages aisés, au moins à court terme. Les ménages précaires adoptent en effet des comportements de privation symptomatiques du phénomène de précarité énergétique.

Les élasticité de long terme estimées sur des données passées ne prennent toutefois pas en compte l'évolution technologique future et les politiques mises en place. À long terme, la réaction des ménages dépend en effet d'incertitudes technologiques fortes, notamment la disponibilité et le coût des alternatives (e.g. pompe à chaleur), ainsi que les politiques publiques (e.g. subventions à la rénovation) qui conditionnent la façon dont les ménages changent leurs équipements du fait d'une hausse des prix de l'énergie.

En outre, la réaction des ménages dépend du type de variation de prix. Une littérature récente montre, dans le cas du carburant utilisé dans les transports, que les élasticité-taxe (réduction de la consommation en réponse à l'augmentation d'une taxe) sont supérieures aux élasticité-prix estimées³¹³. Les principales raisons avancées pour expliquer cette différence sont la visibilité des taxes pour les consommateurs (par exemple, une hausse de taxe fait l'objet d'une couverture médiatique plus importante que des variations de prix d'une ampleur similaire) et leur permanence (contrairement aux fluctuations de prix, les consommateurs anticipent que ces hausses sont durables, ce qui peut les inciter à changer leurs équipements).³¹⁴

³¹⁰ Labandeira X., Labeaga J. M. et López-Otero X. (2017) "[A meta-analysis on the price elasticity of energy demand](#)", *Energy policy*.

³¹¹ La méta-analyse porte sur 416 études publiées entre 1990 et 2014, fournissant 951 élasticité de court terme et 991 élasticité de long terme. L'étude sert de référence à de nombreux modèles, y compris le modèle CPAT du FMI.

³¹² Estimations de [Douenne \(2020\)](#) et [Berry \(2019\)](#).

³¹³ Quelques exemples d'études académiques : Andersson (2019) "[Carbon Taxes and CO2 Emissions : Sweden as a Case Study](#)"; Rivers N., Schaufele B. (2015) "[Salience of carbon taxes in the gasoline market](#)"; Li et al. (2014) "[Gasoline taxes and consumer behavior](#)"; Tiezzi S. et Verde S. (2016) "[Differential demand response to gasoline taxes and gasoline prices in the US](#)".

³¹⁴ On peut également avancer des explications comportementales : (1) une taxe réduit le phénomène de passager clandestin (*free riding*) et augmente la motivation intrinsèque à faire des efforts (conformément aux modèles de

4.2.2.2 Les aides à la rénovation

De multiples subventions à la rénovation énergétique des bâtiments ont été déployées en réponse à plusieurs objectifs et ont évolué avec le temps. Pour les particuliers, les principaux dispositifs de soutien sont « MaPrimeRénov' » qui a remplacé le crédit d'impôt transition énergétique (CITE), les certificats d'économie d'énergie (CEE), et la TVA à taux réduit (5,5 % pour la rénovation énergétique). À cela s'ajoutent des aides à la discrétion des collectivités territoriales, comme l'exonération de taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB), ainsi que des instruments financiers soutenus par les pouvoirs publics (éco prêt à taux zéro, prêt avance mutation). 12 Md€ de dépenses associées à la rénovation énergétique des bâtiments pour les secteurs résidentiel et tertiaire sont prévus dans le projet de loi de finances pour 2024, la plus importante en volume étant la TVA à taux réduit de 5,5 %³¹⁵. Les évolutions prévues pour l'année 2024 doivent permettre au dispositif MaPrimeRénov' de gagner en efficacité avec un parcours accompagné dédié aux rénovations d'ampleur. Ces évolutions paraissent cohérentes avec les enseignements de l'analyse des coûts d'abattement présentée plus haut. Ces subventions agissent sur plusieurs défaillances : externalité climatique (solution à coût-efficacité réduite par rapport à une taxe carbone), accès au crédit (réduit le montant à investir), myopie des ménages. Outre la correction des défaillances de marché, les subventions constituent aussi une mesure redistributive atténuant le coût de la transition pour les ménages qui en bénéficient.

Les aides à la rénovation peuvent augmenter à la fois le nombre de rénovations entreprises et le montant investi lors des travaux, avec toutefois des résultats décevants par le passé et dans certains pays en matière d'économies d'énergie, et un coût important pour les finances publiques. Les études empiriques sur les effets des subventions en France portent sur les dispositifs ayant précédé MaPrimeRénov' (crédit d'impôt développement durable et crédit d'impôt transition énergétique). Une étude récente sur données françaises montre qu'une hausse du taux de subvention en 2014 a augmenté la probabilité pour un ménage modeste d'entreprendre des travaux de rénovation³¹⁶. Des travaux précédents³¹⁷ n'associaient le crédit d'impôt développement durable qu'à un effet relativement faible sur la décision d'entreprendre des travaux. Cependant, la réponse comportementale à un crédit d'impôt, dont la perception est différée, pourrait être moindre que la réponse à une subvention d'un montant équivalent. Ainsi, la plupart des études évaluant ces dispositifs³¹⁸ montrent en revanche qu'une hausse du taux de subvention conduit à un accroissement des montants investis. Il existe toutefois un risque inflationniste associé à des subventions accrues qui peut conduire à nuancer ce dernier résultat, même si des éléments empiriques manquent pour apprécier ce risque. De plus, l'effet des rénovations sur la facture énergétique apparaissait faible par le passé (cf. section 4.1.3.)³¹⁹.

Bénabou/Tirole). À l'inverse, des [expériences de Hartmann et al. 2023](#) montrent que la visibilité de la taxe peut entraîner un effet de licence morale (*moral licensing*), et réduire la motivation intrinsèque ; (2) l'effet de l'aversion à la fiscalité (*tax aversion*) : les consommateurs réagissent davantage s'ils savent que l'augmentation des prix provient d'une augmentation de la taxe ; (3) les réactions au prix sont très différentes pour des augmentations et des diminutions, ce qui pourrait biaiser les évaluations des élasticités-prix (voir [Peersman et Wauters 2022](#) : Les auteurs estiment une élasticité de -0,28 face aux hausses, trois fois plus que pour les diminutions, estimée à -0,08).

³¹⁵ [Annexe au projet de loi de finances pour 2024](#) – Effort financier de l'Etat en faveur de la rénovation énergétique des bâtiments.

³¹⁶ Une évaluation *ex post* d'une augmentation de 15 points de pourcentage (ppt) du taux de subvention en 2014 pour les ménages aux revenus modestes n'effectuant qu'un seul geste de rénovation a conduit à une hausse de 1,3 ppt du nombre de ménages (sur un taux de recours moyen avant réforme de 1,4 %), et une augmentation du montant investi dans les travaux de 26 %. Source : Benda R., Bouisset P., et Bornstein A. (2023) "[Are low-income households sensitive to tax incentives for energy efficiency investments? Evidence from French tax credit schemes](#)" Document de travail n°2023/1, Direction Générale du Trésor. Voir également la revue de littérature associée.

³¹⁷ Benda et al. (2023) *op. cit.* et revue de littérature associée.

³¹⁸ *Ibid.*

³¹⁹ Blaise G., et Glachant M. (2019) « [Quel est l'impact des travaux de rénovation énergétique des logements sur la consommation d'énergie](#) », *La Revue de l'énergie*.

ENCADRÉ 6

Le soutien à la rénovation énergétique dans quelques pays européens

En Allemagne, lors du premier semestre 2022, environ 9,6 milliards d'euros ont été dépensés par les administrations publiques en faveur de la rénovation dans le cadre du programme BEG pour l'efficacité énergétique des bâtiments. En 2021, 8 milliards avaient été dépensés à ce titre, contre 5 milliards en 2020. Les fonds proviennent en majorité du fonds fédéral pour le climat et la transformation (Klima- und Transformationsfonds, KTF), lequel a pour objectif de permettre d'atteindre les objectifs climatiques.³²⁰

Au Royaume-Uni, 1,8 Md de livres sterling étaient dédiées à la rénovation et de la décarbonation des logements (Home Upgrade Grant et Social Housing Decarbonisation Fund) et des bâtiments publics (Public Sector Decarbonisation Fund) pour les années 2023 et 2024³²¹. En novembre 2022, le chancelier de l'Échiquier a annoncé 6 milliards de livres sterling supplémentaires en faveur de l'efficacité énergétique des bâtiments durant la période 2025 à 2028, sans indication plus précise quant à la destination des fonds. Ces montants ne tiennent pas compte des financements publics des gouvernements écossais, gallois et nord-irlandais.³²²

ENCADRÉ 7

Les certificats d'économie d'énergie (CEE)

Le dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE) a été introduit en France par la loi POPE du 13 juillet 2005 pour inciter à la réduction de la consommation d'énergie dans des secteurs tels que le bâtiment, la petite et moyenne industrie, l'agriculture et les transports. L'originalité de ce mécanisme est d'obliger les fournisseurs d'électricité, de gaz, de fioul domestique, de chaleur et de froid (les « obligés ») dont les ventes dépassent un certain seuil à réaliser des économies d'énergie. Les obligés peuvent soit réaliser eux-mêmes les mesures d'économie d'énergie, soit acheter des certificats (CEE) à d'autres acteurs (les « non-obligés »), soit payer une pénalité à l'État.³²³ Il existe ainsi un marché des CEE qui permet théoriquement de réaliser les économies d'énergie au moindre coût pour la société. Ce coût est pris en charge par les « obligés », qui le répercutent sur leurs clients. Le dispositif des CEE participait ainsi au financement de la rénovation énergétique (résidentiel et tertiaire) à hauteur de 3 Md€ pour l'année 2023, soit 28 % de l'ensemble des financements mobilisés par l'Etat (11 Md€ pour l'année 2023)³²⁴.

³²⁰ [Sénat – 2023 - Efficacité des politiques publiques en matière de rénovation énergétique - Rapport n° 811 \(2022-2023\), tome I, déposé le 29 juin 2023](#)

³²¹ [Gouvernement britannique "£1.8 billion awarded to boost energy efficiency and cut emissions of homes and public buildings across England"](#)

³²² *Ibid.*

³²³ Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Ministère de la Transition énergétique, « [Dispositif des Certificats d'économie d'énergie](#) ».

³²⁴ [Annexe au projet de loi de finances pour 2024](#) – Effort financier de l'Etat en faveur de la rénovation énergétique des bâtiments.

4.2.2.3 Dispositifs informationnels et réglementations

Plusieurs instruments informationnels ont été déployés afin de réduire les asymétries d'information et les biais comportementaux qui font obstacle à la rénovation. Le diagnostic de performance énergétique (DPE), obligatoire sur toutes les annonces immobilières, vise à corriger l'asymétrie d'information entre propriétaire et locataire/acheteur. De plus, en incluant une estimation chiffrée de la dépense énergétique annuelle pour un logement, il doit contribuer à réduire une potentielle inattention des ménages aux prix de l'énergie. Le label « reconnu garant de l'environnement » (RGE) certifie la qualité des artisans en rénovation énergétique. Le dispositif « Mon Accompagnateur Rénov' », un système d'assistance à maîtrise d'ouvrage piloté par les pouvoirs publics, cherche également à résoudre le problème d'asymétrie d'information propriétaire-artisan. Les effets des dispositifs informationnels sur les incitations à rénover sont encore incertains. Si la performance énergétique des logements est partiellement valorisée sur le marché de l'immobilier (valeur verte des logements)³²⁵, l'effet du DPE sur cette valorisation en tant qu'instrument révélateur d'information est débattu^{326, 327}. L'incertitude sur les coûts et les bénéfices de la rénovation énergétique empêche d'établir précisément si la valeur verte suffit à rentabiliser les travaux de rénovation (cf. Encadré 8 ci-dessous).

Plus récemment, les pouvoirs publics ont eu davantage recours aux réglementations, avec l'interdiction d'installation des chaudières au fioul depuis le 1^{er} juillet 2022, et l'interdiction progressive de la location des logements les plus énergivores à partir de début 2023. Concernant la construction neuve, la RE 2020 impose depuis le 1^{er} janvier 2022 un haut niveau de performance énergétique et une empreinte carbone réduite pour la construction neuve de logements, à la fois lors de la phase de construction et pour l'usage futur. En Europe également, de nombreux pays ont recours à des obligations et des interdictions dans le secteur du logement (cf. Encadré 9).

Si le recours à des obligations et des interdictions en matière de décarbonation du parc privé de logements peut sembler cohérent avec les objectifs de décarbonation du secteur, il présente plusieurs risques en matière d'efficacité, d'efficience et d'acceptabilité qu'il convient de bien prendre en compte. Les standards de performance énergétique sont anciens pour les bâtiments neufs et pour un certain nombre d'appareils électriques, avec une efficacité reconnue.³²⁸ Leur extension aux bâtiments existants est récente, avec l'interdiction d'installation des chaudières au fioul et de location des logements les plus énergivores. Ce type d'obligation permet d'une part de forcer le choix d'une technologie moins carbonée quand elle existe (interdiction des chaudières au fioul), en influençant fortement les décisions des ménages au moment où ils font face à des choix (e.g. fin de vie de leur chaudière au fioul, avec le choix de la remplacer ou non par un autre mode de chauffage) sans alourdir les factures des ménages qui restent captifs d'une technologie (e.g. chaudière au fioul récente). D'autre part, ces mesures peuvent permettre d'ancrer les anticipations des ménages (interdiction à la location des logements indécents en plusieurs étapes), dans la mesure où les trajectoires réglementaires annoncées sont crédibles. Si ces interdictions semblent cohérentes avec les orientations de la SNBC, elles peuvent comporter plusieurs risques. Ces risques doivent être évalués de façon précise pour chaque mesure, selon leur calibration, et relativement aux autres mesures de décarbonation envisagées.

- **Une trajectoire de décarbonation qui ne serait plus à moindre coût.** En effet, à l'inverse d'un rehaussement de la tarification du carbone, une obligation/interdiction ne joue que sur le levier de la rénovation et n'incite pas à réduire sa consommation d'énergie fossile pour les logements non encore rénovés. Par ailleurs, le régulateur étant imparfaitement

³²⁵ Notaires de France « [Performance énergétique : la valeur verte des logements](#) » (consulté le 05/04/2023)

³²⁶ Olausson J. O., Oust A. et Solstad, J. T. (2015) "[Implementing Energy Performance Certificates—Informing the Informed?](#)"

³²⁷ Giraudet L. G. (2020) "[Energy efficiency as a credence good: A review of informational barriers to energy savings in the building sector](#)", *Energy Economics*.

³³⁰ Glachant, Matthieu. "Le point de vue d'un économiste sur la rénovation énergétique des logements et sa régulation." *Annales des Mines-Réalités industrielles*, 2022.

informé sur les caractéristiques des ménages et des logements, le niveau de performance énergétique requis par une obligation/interdiction peut être excessif ou insuffisant.

- **Un risque quant à l'acceptation sociale des coûts supportés par les ménages en raison de l'obligation/interdiction.** Les éléments présentés ci-dessus suggèrent en effet des coûts d'abattement élevés pour la rénovation des logements, qui seraient ainsi supportés par les ménages ou les contribuables en cas de soutien public. En outre, au moins de façon temporaire, une obligation/interdiction pourrait avoir des effets de bord sur le fonctionnement du marché immobilier (offre de logements, mobilité des ménages, etc.), bien que ceux-ci restent encore mal connus. Se pose également la question de la métrique sur laquelle s'adosse la réglementation, le DPE n'a en effet pas été conçu originellement pour y adosser une obligation/interdiction et est critiqué par certains observateurs, notamment parce que sa mesure est sujette à une certaine variabilité selon le diagnostiqueur, ou encore parce qu'il tend à désavantager les petites surfaces³²⁹. Le DPE est cependant opposable, c'est-à-dire qu'il engage la responsabilité juridique du propriétaire, depuis 2021.
- **Un risque quant à l'atteinte des objectifs de performance et de consommation énergétiques du parc de logements.** En l'absence de mesure complémentaire concernant la qualité des travaux, l'interdiction de location des passoires thermiques peut par exemple laisser craindre des investissements *a minima*, et de faible qualité, afin de se conformer à l'obligation³³⁰. En outre, l'effectivité de ces obligations va dépendre de leur respect par les acteurs, en particulier pour l'interdiction de location des passoires thermiques, et dans les zones sous forte tension locative. Par ailleurs, sans renchérissement en parallèle des prix de l'énergie ou actions de sensibilisation soutenues, les rénovations résultant d'obligations sont susceptibles d'être sujettes à un effet rebond de la consommation d'énergie.

ENCADRÉ 8

La valeur verte des logements

La valeur verte immobilière, c'est-à-dire l'écart de prix observé entre les biens efficaces énergétiquement et ceux non-efficaces, correspond à la façon dont le marché immobilier valorise l'efficacité énergétique. La valeur verte détermine l'augmentation de la valeur d'un bien après une rénovation. Elle peut donc jouer un rôle dans l'incitation à laquelle les ménages font face pour entreprendre des travaux de rénovation énergétique : une valeur verte élevée rend plus attractive la rénovation d'une passoire énergétique. D'un point de vue théorique, dans une économie pure et parfaite avec des agents rationnels, la valeur verte devrait être égale au minimum entre : (1) le coût des travaux de rénovation, (2) les gains cumulés et actualisés sur la facture énergétique et (3) les écarts cumulés et actualisés sur les loyers futurs pour un propriétaire bailleur, ces deux derniers étant théoriquement égaux. En effet, si le coût de la rénovation est supérieur aux gains actualisés, les différences de prix de logements identiques par ailleurs ne devraient refléter que les différences de coût d'énergie entre deux logements. A l'inverse, si le coût de la rénovation est inférieur aux gains actualisés, les différences de prix des logements ne devraient refléter que le coût de la rénovation.

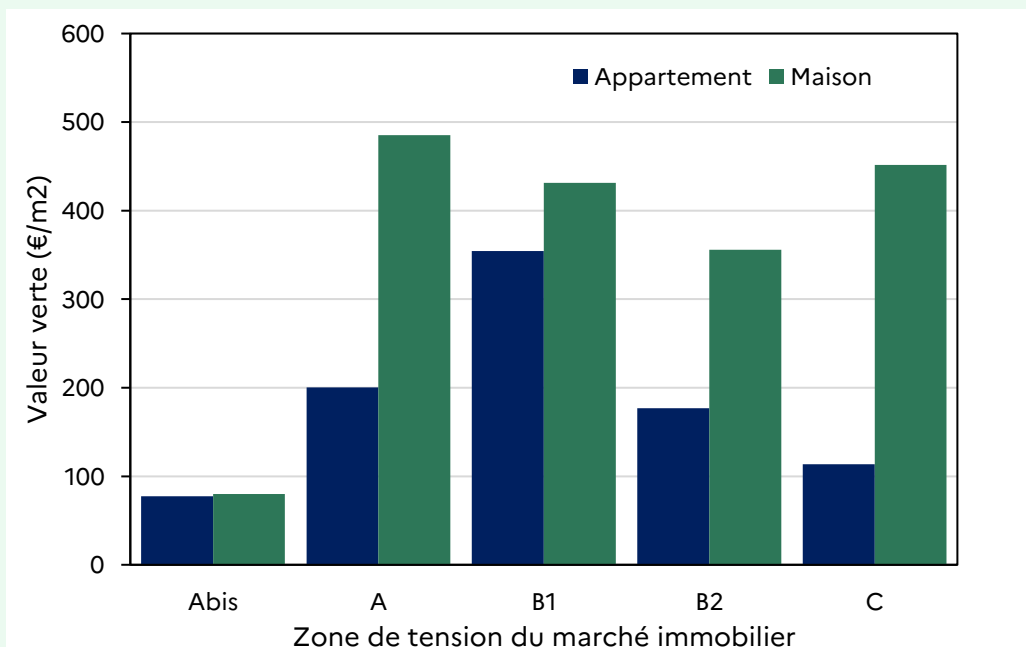
³²⁹ Glachant, Matthieu. "Le point de vue d'un économiste sur la rénovation énergétique des logements et sa régulation." *Annales des Mines-Réalités industrielles*, 2022.

³³⁰ Glachant, Matthieu. "Le point de vue d'un économiste sur la rénovation énergétique des logements et sa régulation." *Annales des Mines-Réalités industrielles*, 2022.

En France, la valeur verte à l'acquisition d'une maison contribuerait de façon importante à ce que les investissements dans la rénovation soient rentabilisés via l'augmentation de la valeur du bien à la revente, et ce avant prise en compte des aides publiques. La décote entre une passoire énergétique et une maison classée D serait de l'ordre de 400 €/m², ce qui est supérieur aux coûts de la rénovation observés, sauf en zone très tendue (cf. Graphique 6). Ce résultat pose deux questions. D'une part, la valeur verte est supérieure à son niveau théorique ce qui peut signaler que d'autres facteurs jouent, par exemple la valorisation des gains de qualité et de confort liés à la rénovation. D'autre part, on peut s'interroger sur les raisons qui expliquent que ces rénovations n'aient pas lieu malgré l'intérêt financier à le faire : contraintes d'accès au crédit, présence d'importants coûts cachés (recherche d'artisan, pénibilité des travaux), manque d'information, ou autres défaillances de marché. En zone tendue cependant, les valeurs vertes des maisons sont faibles, et insuffisantes pour couvrir les coûts des travaux. Par ailleurs, il convient d'interpréter ces valeurs avec précaution du fait de la difficulté à isoler l'efficacité énergétique d'autres caractéristiques des biens qui lui sont corrélées (qualité, confort, ...). Ainsi, une bonne performance énergétique pourrait être corrélée à un bon état général du logement, ce qui peut amener à surestimer la valeur verte.

Dans les logements collectifs, les valeurs vertes sont faibles, et la rentabilité de la rénovation via l'augmentation de la valeur du bien n'est pas assurée. Les valeurs vertes dans les logements collectifs (entre 80 et 350 €/m²) sont plus faibles que dans les logements individuels, et elles sont particulièrement faibles dans les zones très tendues. Quelle que soit la zone de tension, les estimations de valeur verte sont inférieures aux coûts de la rénovation. Cette faible valeur verte, plus proche des gains attendus sur la facture énergétique, pourrait aussi s'expliquer par la difficulté à réaliser des travaux en situation de copropriété, et par la plus grande part de logements mis en location.

GRAPHIQUE 6
Valeur verte à l'achat



Note : Ecart de prix au m² d'une passoire énergétique par rapport à un bien aux caractéristiques équivalentes dont le DPE est D.

Source : DHUP (2021) « La valeur verte des logements en France ».

Dans le secteur locatif, les valeurs vertes sur les loyers sont plus faibles et insuffisantes pour rendre rentables des rénovations du point de vue d'un propriétaire bailleur. La différence de loyer observée³³¹, toutes choses égales par ailleurs, entre les logements classés E, F, ou G, et les logements classés D, n'est pas statistiquement significative. La différence est de l'ordre de 4 à 5 % lorsqu'on compare les biens D aux biens très efficaces (A ou B), ce qui, cumulé et actualisé, reste inférieur aux coûts de la rénovation. Cette faible valeur verte sur les loyers pourrait provenir d'un manque d'information des locataires,³³² ou d'une plus faible importance accordée aux coûts de l'énergie (du fait d'un taux de rotation plus élevé ou de difficultés à se loger en zone tendue).

Les politiques publiques ont une influence sur la valeur verte. La valeur verte observée à l'acquisition s'est renforcée au cours des dernières années. L'augmentation des prix de l'énergie ou l'anticipation par les ménages de réglementations plus strictes (e.g. interdiction de location des passoires énergétiques) tendent à accroître la valeur verte. Ainsi, une étude suggère que l'interdiction à la location a conduit à une augmentation significative de la valeur verte en Angleterre et au Pays de Galles³³³. La fiscalité sur le carbone, et plus largement les politiques jouant à la hausse sur le prix des énergies, contribuent à augmenter la valeur verte. L'étude MeilleursAgents/Seloger sur données françaises estime que la valeur verte s'est renforcée (la hausse des prix en 2021 est de 2 % pour passoire contre 6 % pour le reste du parc), et que le marché a connu un afflux important de passoires énergétiques, notamment dans les 6 derniers mois de 2021 (+8 % contre -4 % pour les autres biens).³³⁴ La hausse étant surtout portée par les maisons, il est possible que l'effet de l'interdiction à la location ait eu une incidence au-delà du parc locatif.

ENCADRÉ 9

Comparaison internationale des obligations et interdictions liées à la performance énergétique des bâtiments et à l'énergie de chauffage utilisé

Peu de pays ont mis en place des mesures réglementaires liées à la performance énergétique des bâtiments existants dans le secteur résidentiel (pour les bâtiments neufs, les obligations de performance énergétique sont plus communes ; dans les pays de l'UE, elles font l'objet d'une directive³³⁵).

- L'Angleterre et le Pays de Galles ont mis en place un *Minimum Energy Efficiency Standard* (MEES) en avril 2018, qui constitue une interdiction à la location des biens les moins performants énergétiquement³³⁶.

³³¹ DHUP (2021) « [La valeur verte des logements en France](#) ».

³³² Bien qu'obligatoire, le DPE ne figure pas toujours dans les annonces immobilières.

³³³ Ferentinos K., A. Gibberd, B. Guin, (2023) "Stranded houses? The price effect of a minimum energy efficiency standard", *Energy Economics*.

³³⁴ Sciences Po, SeLoger et Meilleurs Agents (2022) « [L'impact de la loi "Climat et Résilience" sur le marché immobilier en France : premières tendances](#) ».

³³⁵ Commission européenne (2018) "[Energy performance of buildings directive](#)".

³³⁶ Les évaluations menées par le Department for Business Energy and Industrial Strategy publiées en 2019 et 2020 suggèrent que la mesure aurait entraîné des gains d'efficacité énergétique, peu de sorties du parc de location et peu d'augmentations des loyers. Cependant, la mise en œuvre de la mesure serait faible : un grand nombre de locations de logements à l'efficacité énergétique insuffisante subsistent, sans passer par le système d'exemptions prévu.

- Les Pays-Bas envisagent également une interdiction à la location des passoires énergétiques. L'accord de coalition du gouvernement néerlandais prévoit d'interdire à compter de 2029 la mise en location des logements les moins performants énergétiquement.
- Si l'introduction d'un minimum d'efficacité énergétique est mentionnée dans la feuille de route du gouvernement irlandais³³⁷, aucune mesure n'a été prise à ce stade.
- Une obligation de rénover à la mutation s'applique en Flandre (Belgique) depuis le 1^{er} janvier 2023 pour les logements les plus énergivores.

La France a interdit l'installation de nouvelles chaudières au fioul depuis 2022 et exclut l'installation de chaudières à gaz fossile dans les nouvelles constructions de maisons individuelles depuis 2023, avec une extension aux logements collectifs prévue pour 2024. Plusieurs pays européens interdisent ou envisagent d'interdire les chauffages aux énergies fossiles (fioul domestique et/ou gaz naturel) dans les bâtiments neufs et/ou existants. En Autriche et en Belgique (Flandre), l'installation de chaudières à gaz est ou sera interdite dans les nouvelles constructions, et au fioul dans tous les bâtiments. En Italie, une part minimale de renouvelable s'applique pour les constructions neuves. En Allemagne, au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, en Norvège, au Danemark et en Irlande, l'interdiction d'installation concernera le fioul et le gaz, pour les nouvelles et anciennes constructions.

Allemagne. L'installation de nouveaux systèmes de chauffage aux énergies fossiles sera interdite progressivement entre 2024 et 2028, conditionnellement à la possibilité de raccordement au réseau de chaleur urbain, hydrogène ou biogaz, une obligation de planification thermique s'appliquant dorénavant aux communes³³⁸.

Royaume-Uni. Le gouvernement a l'intention d'éliminer progressivement l'installation de nouvelles chaudières à gaz et au fioul à partir de 2035³³⁹.

4.2.2.4 Les interactions entre instruments

L'efficacité, l'efficience et l'équité de la politique de décarbonation du parc privé de logements dépend de la bonne cohérence d'ensemble des différents instruments mobilisés, qui ne peuvent être analysés séparément. Une combinaison d'instruments de premier rang traitant les défaillances de marché identifiées accroîtrait l'efficacité d'une tarification carbone renforcée. En revanche, les interactions des instruments de second rang entre eux et avec la tarification carbone sont encore mal comprises. Ainsi, en présence d'obligation de rénovation, les subventions à la rénovation perdent en partie leur caractère incitatif à déclencher des rénovations, et doivent être davantage analysées comme des transferts monétaires, dont il convient d'analyser l'incidence effective sur les différents acteurs (propriétaires, selon qu'ils soient acquéreurs ou vendeurs, locataires, artisans). Les subventions rendent en revanche possibles pour des ménages contraints financièrement les travaux de rénovation rendus obligatoires, et le paramétrage des subventions peut orienter vers des rénovations plus ou moins efficaces (e.g. rénovations globales vs. monogestes). De même, en présence d'obligation/d'interdiction, le caractère incitatif de la tarification du carbone concerne moins l'acte de rénovation, et davantage la maîtrise de la consommation des ménages, en particulier ceux n'ayant pas encore rénové.

³³⁷ Gouvernement irlandais (2021) "[Housing for All - a New Housing Plan for Ireland](#)".

³³⁸ Réforme de la Loi sur l'énergie dans le bâtiment (Gebäudeenergiegesetz) adoptée par le Bundestag le 8 septembre 2023.

³³⁹ [Discours du Premier ministre britannique, 20 septembre 2023](#).

TABLEAU 2
Défaillances de marché, instruments de premier rang

Ce tableau présente, pour chaque défaillance de marché ou de comportement identifiée comme obstacle à la décarbonation des logements (colonne 1), l'instrument de premier rang pour la corriger avec un exemple de pays le mettant en œuvre, l'effectivité de cet instrument de premier rang dans l'état actuel des réglementations et de la fiscalité en France et des exemples étrangers de mise en œuvre (colonne 2).

Défaillance de marché ou de comportement	Instrument de premier rang pour corriger la défaillance et exemple international
Externalité climatique	<u>Tarification du carbone</u> La Suède se distingue par une taxe carbone ancienne (instaurée en 1991) et à un niveau relativement élevé (122 €/tCO ₂ en 2023) ³⁴⁰ .
Asymétrie d'information propriétaire – locataire/acheteur	<u>Certification de la performance énergétique (DPE)</u> Une directive européenne ³⁴¹ impose à tous les pays de l'UE la mise en place d'un système de certification de la performance énergétique des travaux, tel que le DPE en France.
Asymétrie d'information propriétaire – artisan	<u>Certification des travaux</u> En Allemagne, dans le cadre du programme BEG-WG (rénovation globale des logements), l'intervention d'un expert en efficacité énergétique est requise lors de la demande de financement ainsi que pour l'accompagnement global du projet. L'expert a notamment pour mission de planifier les travaux avec le demandeur et de veiller à ce que les mesures aboutissent au résultat prévu. À la fin du projet, il quantifie et confirme la conformité aux exigences techniques minimales et les économies d'énergies primaire et finale et de CO ₂ réalisées grâce à la rénovation ³⁴² .
Contrainte d'accès au crédit	<u>Prêt garanti par l'État ou autres instruments financiers innovants</u> En France, en Allemagne et dans d'autres pays, des prêts à taux réduit combinés à des subventions sont proposés aux ménages.
Myopie des ménages	<u>Nudge, saillance des prix de l'énergie, taxation de l'énergie</u> En France, comme dans les autres pays de l'UE, le DPE indique des mesures de rénovation énergétique rentables à mettre en œuvre
Inattention aux prix de l'énergie	Saillance des prix de l'énergie (e.g. DPE sur les annonces immobilières) En France, comme dans d'autres pays de l'UE, le DPE présent dans les annonces immobilières indique une estimation de la facture énergétique annuelle.

³⁴⁰ Government Offices of Sweden, consulté le 06/09/2023.

³⁴¹ Energy Performance of Buildings Directive (2010/31/EU).

³⁴² Sénat (2023) « [Rapport fait au nom de la commission d'enquête sur l'efficacité des politiques publiques en matière de rénovation énergétique – rapport n° 811](#) » p. 151.

