

# L'ÉVALUATION AU SERVICE DE L'ACTION POUR LE CLIMAT

**Alain Quinet**

*Commission sur la valeur du carbone, Commission de l'économie du développement durable*

---

Le cadre d'évaluation des investissements publics et des politiques a été élaboré bien avant que la lutte contre le changement climatique ne devienne un enjeu de premier rang. L'objet de cet article est de montrer qu'à travers notamment la baisse du taux d'actualisation, l'allongement de l'horizon des scénarios et la hausse de la valeur du carbone, l'évaluation est capable aujourd'hui de bien prendre en compte les impacts climat des projets. Corrélativement, les enjeux redistributifs de la lutte contre le changement climatique sont de mieux en mieux appréhendés. Bien évaluer en amont les effets environnementaux, économiques et sociaux des différentes actions envisagées, c'est augmenter les chances de bien les hiérarchiser et de les déployer dans le bon ordre, en assumant les incertitudes inévitables sur la disponibilité et les coûts des technologies de décarbonation. Au total, l'évaluation n'est pas la stratégie mais elle propose des outils pour atteindre les objectifs stratégiques que l'on se fixe au moindre coût économique et social.

*Mots clés* : climat, évaluation, investissements publics, réglementations, valeur du carbone.

---

**L**e cadre scientifique et politique de la lutte contre le changement climatique s'est aujourd'hui clarifié : les études synthétisées par le GIEC explicitent le risque de dommages graves et irréversibles liés à la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (GIEC 2021) ; les États signataires de l'Accord de Paris de 2016 convergent sur des objectifs de décarbonation complète – le « zéro émissions nettes » (ZEN) – à compter du milieu de ce siècle.

L'Europe peut se targuer de premiers résultats significatifs avec une baisse des émissions de gaz à effet de serre sur son sol de 24 % entre 1990 et 2020. Les programmes pour amplifier l'effort de décarbonation prennent corps avec le *Green Deal* présenté par la Commission européenne en juillet 2021 et son plan d'action *Fit for 55*. Cependant, il reste beaucoup à faire pour tracer les chemins d'une transition efficace et juste vers « ZEN » : il faut préciser le périmètre et le contenu des actions utiles, les déployer dans le bon ordre en fonction de leur coût et de leur degré de maturité, calibrer les incitations permettant de les mettre en œuvre.

Les ressources mobilisables pour accélérer cet effort sont par essence limitées. Nous ne sommes pas seulement limités par nos ressources financières. Nous sommes limités par nos connaissances scientifiques, nos capacités industrielles, le renchérissement des matières premières, le foncier disponible. C'est le rôle de l'évaluation d'aider les politiques publiques et l'ensemble de la société à définir le meilleur usage de ces ressources. La France est, depuis le XIX<sup>e</sup> siècle et les travaux fondateurs de Jules Dupuit (1844) l'une des terres d'élection de l'évaluation socio-économique. Plusieurs générations d'ingénieurs-économistes ont construit un dispositif d'évaluation adoptant la conception la plus large possible des impacts d'un investissement ou d'un programme sur le bien-être collectif.

L'évaluation des politiques publiques est aujourd'hui reconnue comme utile et nécessaire. Pour autant, sa mise en œuvre reste partielle : elle est régulièrement pratiquée pour les projets d'investissement publics mais peu pour d'autres actions publiques reposant sur l'usage de subventions, de taxe ou de normes. Elle peut aussi susciter des réactions de scepticisme lorsqu'elle monétarise des gains et des coûts environnementaux.

Sans prétendre que les outils d'évaluation aujourd'hui disponibles soient parfaits, loin de là, cet article s'attache à montrer comment l'évaluation peut aujourd'hui aider l'ensemble des acteurs de la société à dessiner les chemins efficaces et justes de la décarbonation<sup>1</sup>. C'est bien parce qu'il faut atteindre en peu de temps un objectif très ambitieux, avec des ressources humaines, industrielles, financières nécessairement limitées, que l'évaluation est indispensable : ne pas

---

1. Le mot décarbonation vise ici la réduction de l'ensemble des gaz à effet de serre. La formule CO<sub>2</sub> vise le seul carbone, la formule CO<sub>2</sub>e l'ensemble des gaz à effet de serre.

faire « fausse route » dans les choix technologiques, agir selon l'ordre de mérite des actions possibles, bien calibrer les incitations sont les meilleures garanties de succès (1). Le dispositif d'évaluation s'adapte pour prendre pleinement en compte les spécificités de la lutte contre le changement climatique : un horizon d'évaluation plus long, un taux d'actualisation plus bas, une trajectoire de valeur carbone revue en hausse (2). Historiquement élaborée pour évaluer la contribution nette d'un projet au bien-être collectif, elle doit aujourd'hui intégrer de manière plus fine les coûts implicites et les effets redistributifs des mesures de lutte contre le changement climatique (3).

## 1. L'évaluation, entre urgence et long terme

Avec l'accord de Paris de 2016, adopté sur la base des travaux du GIEC, l'évaluation peut s'adosser à des objectifs de décarbonisation clairs, mesurables, démocratiquement définis au niveau international comme au niveau national. L'évaluation dont il est question ici relève ainsi d'une logique coûts-efficacité. Elle vise à répondre à la question : comment atteindre au moindre coût économique et social l'objectif « ZEN » ? Cette approche coûts-efficacité se distingue d'une approche coûts-avantages consistant à mettre en regard des coûts de chaque action une mesure de la valeur des dommages évités. Cette dernière, mise en valeur dans le rapport Stern (2006) est plus ambitieuse mais aussi méthodologiquement plus fragile et sujette à controverses puisqu'elle suppose de pouvoir valoriser monétairement les dommages présents et futurs que les actions envisagées permettent d'éviter.

### 1.1. Le nouveau cahier des charges de l'évaluation

L'objectif « ZEN » à l'horizon 2050 change radicalement le cahier des charges de la stratégie à conduire et de l'évaluation qui doit la sous-tendre :

- Le monde passe d'une logique de réduction progressive des émissions de gaz à effet de serre, au fur et à mesure de l'arrivée à maturité des technologies vertes, à une logique de décarbonation totale des activités humaines. L'enjeu est désormais de gérer un budget carbone en voie d'épuisement – c'est-à-dire un stock maximal d'émissions cumulées de CO<sub>2e</sub> que le monde ne doit pas dépasser pour limiter le réchauffement climatique global en dessous d'une certaine température. Le budget carbone de 2022

est estimé à 1 270 GtCO<sub>2</sub> pour maintenir le réchauffement climatique global en dessous de 2°C à la fin du siècle. Il était de 3 745 GtCO<sub>2</sub> en 1750, ce qui signifie que nous avons déjà consommé plus de 65 % de ce budget. Le budget carbone pour maintenir le réchauffement global en dessous de 1,5°C, évalué à 420 GtCO<sub>2</sub> est lui trois fois plus faible que le budget 2° (Global Carbon Project, 2021) ;

- Il faut aller chercher toutes les sources de réduction d'émissions de gaz à effet de serre (GES), au-delà de la seule décarbonation de l'électricité, y compris dans les domaines où les alternatives décarbonées ne sont pas matures. Les secteurs du logement, des transports et de l'agriculture – les trois principales sources d'émissions de GES – devront engager des transformations profondes ;
- Il faut à la fois inciter à des usages plus sobres et verdir les actifs. Sauf à déclasser massivement une grande partie des actifs existants, cette décarbonation ne peut se faire que sur une base économique raisonnable, tenant compte d'un côté de la durée d'amortissement des équipements et bâtiments en place, de l'autre des gains climat de long terme des nouveaux investissements, y compris leur valeur résiduelle au-delà de 2050, date cible de l'objectif « ZEN ».

## 1.2. Concilier urgence et évaluation

Le cadre de la transition doit se décliner en actions opérationnelles : quelles actions concrètes choisit-on de soutenir et d'encourager ? quels investissements publics faut-il engager ? Et comment ces actions et investissements doivent-ils s'ordonner dans le temps ? Savoir qu'il faut désormais s'attaquer sur un front large à toutes les sources d'émissions ne signifie pas qu'il faille chercher à tout faire en même temps. Les actions utiles à la transition doivent être soigneusement sélectionnées, dimensionnées et séquencées dans le temps pour minimiser l'effort initial et le rendre acceptable.

L'évaluation est d'autant plus cruciale que la transition s'appuie sur des instruments non tarifaires. Dans un monde où le prix du carbone aurait vocation à constituer l'instrument de référence de la lutte contre le changement climatique, il suffirait de le fixer à un niveau suffisamment « élevé » et de s'en remettre aux choix décentralisés des ménages et des entreprises pour sélectionner les « bonnes actions ». Mais la réalité s'écarte de ce modèle simple, pour des raisons qui tiennent à

l'acceptabilité de la tarification mais aussi à la coexistence de plusieurs défaillances de marché :

- L'externalité environnementale car en l'absence de toute régulation, les émissions de GES ne sont pas spontanément prises en compte dans les choix de production, d'investissement et de consommation ;
- L'insuffisance de R&D privée, dans la mesure où tous les effets bénéfiques d'une innovation ne sont pas appropriables par les innovateurs. Dans le domaine de l'environnement l'innovation est de plus marquée par une forte inertie, les entreprises en place, dont le modèle est historiquement fondé sur les énergies fossiles ayant une propension naturelle à innover de manière incrémentale dans leurs domaines d'excellence plutôt qu'à se lancer dans des innovations de rupture (Aghion *et al.*, 2019) ;
- Les externalités de réseau car il faut déployer simultanément les infrastructures et les services – les bornes de recharge et les véhicules électriques, les lignes de chemin de fer et les trains, les énergies renouvelables et l'adaptation du réseau de transport d'électricité ;
- Les effets redistributifs non désirés, liés à la fois à l'hétérogénéité des coûts d'abattement et à la structure de consommation des ménages. Ces effets ont une dimension « verticale » : la part des énergies fossiles dans le budget des ménages décroît au fur et à mesure que le revenu augmente. Ils ont aussi une dimension « horizontale » : les effets redistributifs ne dépendent pas seulement du revenu mais aussi de la localisation des ménages (en zone urbaine ou rurale), de l'usage du véhicule (pour le trajet domicile-travail ou non) et du type de logement ;
- Les effets d'habitude, voire d'addiction. Il est financièrement et écologiquement intéressant d'abattre une tonne de CO<sub>2e</sub> en réduisant sa consommation de viande, en baissant son chauffage ou en réduisant l'usage de la voiture en ville. Pour autant ce gain financier peut masquer la perte d'utilité qu'induit, au moins dans un premier temps, ce choix de sobriété<sup>2</sup>.

---

2. Inversement des actions peuvent être financièrement coûteuses mais générer un coût d'abattement socio-économique négatif si les co-bénéfices pour la société sont importants. Ce peut être le cas d'une ligne à grande vitesse qui génère d'importants co-bénéfices de gains de temps ou d'une mesure de réduction de la pollution qui génère des co-bénéfices en termes de santé publique.

À l'aune de ces différentes défaillances, l'évaluation permet a minima de faire ressortir deux enjeux fondamentaux dans le *design* des politiques climatiques : celui de l'hétérogénéité des coûts d'abattement et celui des effets redistributifs.

### 1.3. Évaluer pour minimiser le coût économique et social de la transition

L'évaluation est d'autant plus cruciale que les coûts des différentes actions possibles sont hétérogènes. Entre les actions à mener tout de suite (les grappes de « fruits murs ») et celles qui nécessitent encore de l'innovation, existe toute une « zone grise » d'actions possibles reposant sur des technologies matures mais coûteuses (par exemple l'isolation thermique des bâtiments), ou sur des technologies non matures mais dont les coûts pourraient baisser rapidement sous les effets d'échelle et d'apprentissage (par exemple la mobilité électrique). Dans certains domaines les technologies sont encore en développement (par exemple la capture et le stockage du carbone, l'hydrogène) ou n'existent pas (dans la chimie, l'acier, le ciment, l'aviation).

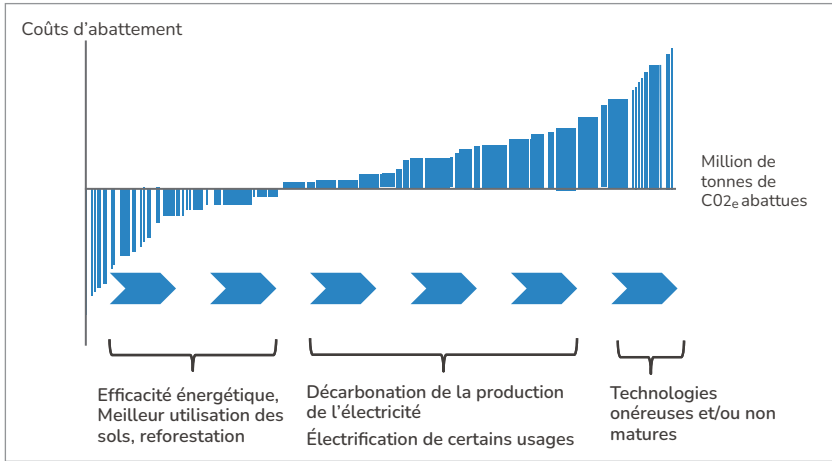
L'évaluation permet de définir le portefeuille d'actions pertinentes dans cette vaste « zone grise » en se fondant sur l'évaluation de leur coût socio-économique d'abattement, *i.e.* l'écart de coût actualisé entre l'action de décarbonation et la solution de référence carbonée équivalente, rapporté aux émissions de GES évitées par l'action. Le coût d'abattement intègre l'investissement initial mais aussi les coûts liés à l'usage de l'équipement mis en service. Il est calculé net des possibles co-bénéfices de l'action pour la société (par exemple l'amélioration de la santé permise par une réduction des pollutions locales ou une meilleure alimentation). Le graphique 1 illustre une courbe schématique de coûts d'abattement.

Traditionnellement l'évaluation socio-économique privilégie une approche utilitariste, consistant à évaluer l'effet d'une action sur le surplus social en sommant son impact sur l'utilité des différents individus composant la société. Cette approche a deux raisons d'être :

- La première est qu'elle a été historiquement conçue pour l'évaluation des projets d'investissements publics – typiquement des infrastructures de transport – lesquels font potentiellement un nombre élevé de « gagnants » et très peu de perdants ;
- La seconde est qu'à partir du moment où le projet génère un gain net pour la collectivité, il est toujours possible de dédommager les

perdants – par exemple les propriétaires qui ont été expropriés pour rendre possible la réalisation de l'infrastructure ou les riverains victimes de nuisances locales.

Graphique 1. La courbe schématique des coûts d'abattement



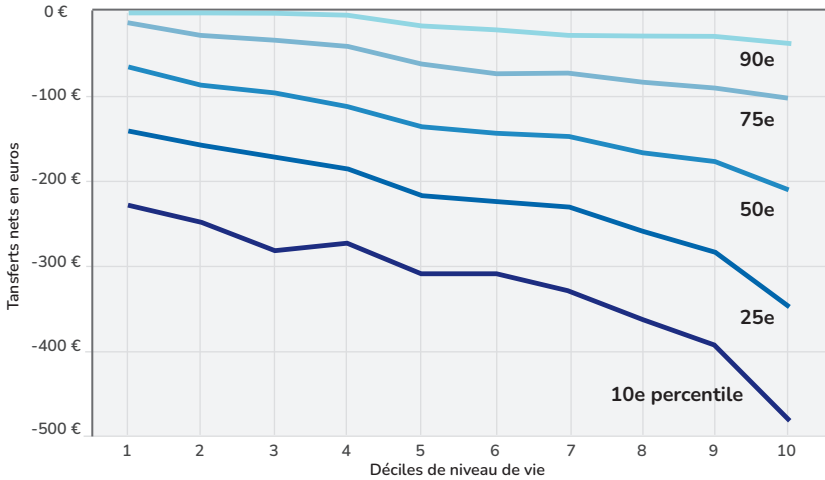
Auteur.

La lutte contre le changement climatique ne permet pas de se fonder sur des hypothèses aussi confortables pour une raison fondamentale : elle vise en effet à remplacer des énergies fossiles abondantes et peu chères par des solutions généralement plus coûteuses au départ. Dans la mesure où les gains sont éloignés dans le temps, c'est dans l'immédiat un coût de transition qu'il faut se répartir.

La crise des « gilets jaunes » en France a bien illustré les limites d'initiatives politiques fondées sur la seule évaluation des gains globaux d'une tarification du carbone sans prise en compte des effets redistributifs. Ces effets redistributifs avaient pourtant été clairement mis en évidence auparavant dans les précédents projets de taxe carbone, comme en témoigne le rapport Rocard (2009) montrant clairement l'importance et la complexité des effets redistributifs d'une taxe carbone. Les simulations réalisées récemment (Douenne 2019), portant sur le projet à l'origine du mouvement des « gilets jaunes » (une augmentation du prix du carbone de 44,6 euros/tCO<sub>2</sub> à 86,20 euros/tCO<sub>2</sub>, complétées par une hausse supplémentaire de la fiscalité du diesel en vue du rattrapage avec l'essence), montrent par exemple que si plus de 10 % des ménages du premier décile ne

devaient pas être impactés par la réforme – car ne disposant pas de voiture et n'utilisant ni gaz ni fioul dans leur logement – pour 10 % d'entre eux les pertes excédaient 220 euros par an et par unité de consommation, soit davantage que celles du ménage médian du dernier décile (graphique 2).

Graphique 2. Effets redistributifs verticaux et horizontaux de la tarification du carbone



Douenne (2019).

#### 1.4. Les enjeux macroéconomiques de la transition

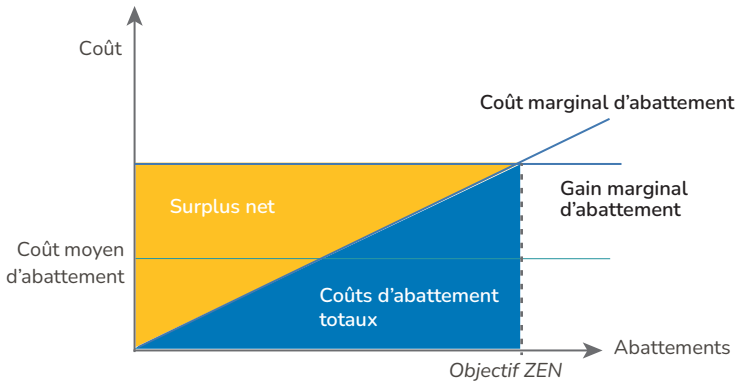
On peut illustrer l'enjeu macroéconomique d'un bon calibrage et d'un bon calendrier à partir de graphiques simples et de simulations plus élaborées.

Le graphique 3 illustre le cas idéal où la logique de l'ordre de mérite est bien appliquée pour sélectionner les actions. La collectivité réalise des réductions d'émissions pour atteindre l'objectif « ZEN » en mobilisant les actions les moins coûteuses. Le coût total de mise en œuvre est l'aire en bleu. Ce graphique simplifié fait immédiatement ressortir deux conclusions :

- Le coût moyen d'abattement est de moitié inférieur au coût marginal au voisinage de l'objectif « ZEN » ;
- Le surplus net que la collectivité retire de la décarbonation est au moins égal au coût d'abattement<sup>3</sup>.



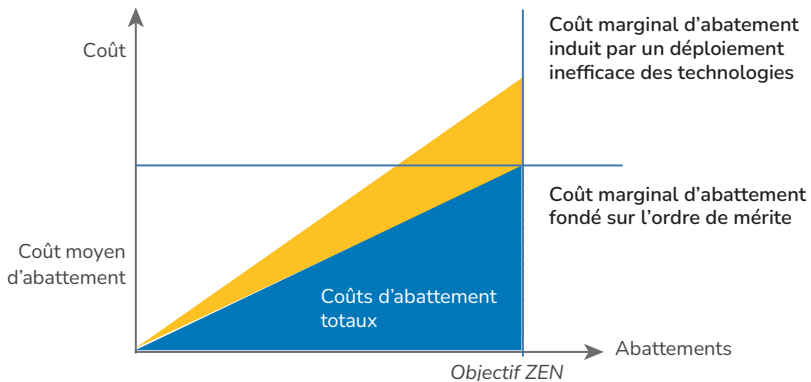
Graphique 3. La valeur d'un alignement des actions de décarbonation sur l'ordre de mérite



Auteur.

Le graphique 4 illustre en revanche le cas où les actions de décarbonation ne seraient pas déclenchées par ordre de mérite. Le coût total d'abattement est bien plus élevé que dans le cas précédent tandis que le surplus net se réduit. Pour un même volume d'abattement A, le coût marginal et le coût moyen des actions de décarbonation effectivement réalisées sont plus élevés, le surplus net est plus faible.

Graphique 4. La perte de valeur induite par des coûts d'abattement inefficaces



Auteur.

3. Il apparaîtrait bien supérieur si l'on traçait une courbe décroissante des bénéfices marginaux de l'abattement.

L'enjeu macroéconomique d'une transition ordonnée peut être éclairé par le rapport Blanchard-Tirole (2021) et les travaux de modélisation de la Banque de France (Allen *et al.*, 2020).

À l'horizon 2030, en se fondant sur un coût d'abattement de 250€/tonne, le récent rapport Blanchard-Tirole (2021) estime que le niveau d'effort global atteindrait 1,1% du PIB français de 2030. Les 120 Mt de CO<sub>2e</sub> à retirer pour atteindre la cible de 2030, évalués à un prix de 250€ la tonne de CO<sub>2e</sub>, représentent en effet un coût annuel de 30 milliards d'euros en 2030. Ce coût reste contenu et inférieur aux bénéfices futurs.

À l'horizon 2050, la Banque de France (Allen *et al.*, 2020) évalue le coût macroéconomique de la transition en prenant comme référence un scénario de transition ordonnée, dans lequel les actions se déploient suffisamment tôt, et dans le bon ordre, pour parvenir à l'atteinte de l'objectif 2°C. Des scénarios de retard ou de transition désordonnée comportent des coûts macroéconomiques significatifs pour l'Europe :

- Un scénario d'actions retardées, caractérisé par un relèvement tardif et brutal de la tarification du carbone post-2030, ne permettrait pas d'atteindre l'objectif, tout en impliquant des pertes de PIB de 2 % par rapport au scénario ordonné à l'horizon 2050 ;
- Un scénario de transition désordonnée impliquerait une forte hausse du prix de l'énergie et une baisse de productivité induits par le déploiement prématuré de technologies non matures. Ce scénario permettrait bien d'atteindre l'objectif climatique mais au prix d'une perte de PIB européen de l'ordre de 6 points à l'horizon 2050.

Tableau 1. Les coûts d'ajustement macroéconomiques de la transition à l'horizon 2050 (PIB de l'Union européenne)

	Atteinte de l'objectif 2°C	Non-respect de l'objectif
Transition ordonnée	Référence	-2 % du PIB
Transition désordonnée	-6 % du PIB	ns

Allen *et al.*, 2020.

Ces évaluations se concentrent sur les seuls coûts de la transition pour atteindre efficacement un objectif donné. Une approche coûts-avantages complète devrait bien entendu mettre en regard des coûts les bénéfices (les dommages évités) de la lutte contre le changement climatique.

## 2. Le « verdissement » des cadres d'évaluation

L'évaluation des impacts carbone des projets et des actions d'atténuation du changement climatique requiert la définition d'un référentiel socio-économique intégrant l'élaboration de scénarios de référence, un horizon d'évaluation et un taux d'actualisation ainsi qu'une trajectoire de valeur tutélaire du carbone.

### 2.1. L'évaluation environnementale étendue

La valeur du carbone est la valeur centrale d'un dispositif d'évaluation des politiques climatiques. Cette valeur du carbone est qualifiée de « tutélaire » car elle n'est pas déterminée sur un marché<sup>4</sup> mais définie de manière régaliennne, en référence à l'objectif « ZEN ». Elle monétarise la perte de bien-être monétaire immédiat que la société doit être prête à consentir pour réduire une tonne de CO<sub>2e</sub> en vue d'atteindre l'objectif « ZEN ». La valeur carbone ainsi calculée ne représente pas la mise en place de politiques de tarification explicite du carbone mais un ensemble de politiques dont le niveau total de contrainte est reflété par ce prix

En France, les travaux de France Stratégie (2019) ont permis l'élaboration de la trajectoire de valeurs carbone présentée dans le graphique 5 ci-dessous. Les valeurs sont élevées (250€ à horizon 2030, 776€ à horizon 2050), reflétant le niveau d'ambition et l'ampleur du chemin à parcourir. En d'autres termes, même s'il existe un potentiel important d'abattement à faible coût d'ores et déjà disponibles, le coût marginal des technologies permettant en fin de période d'atteindre la neutralité est élevé :

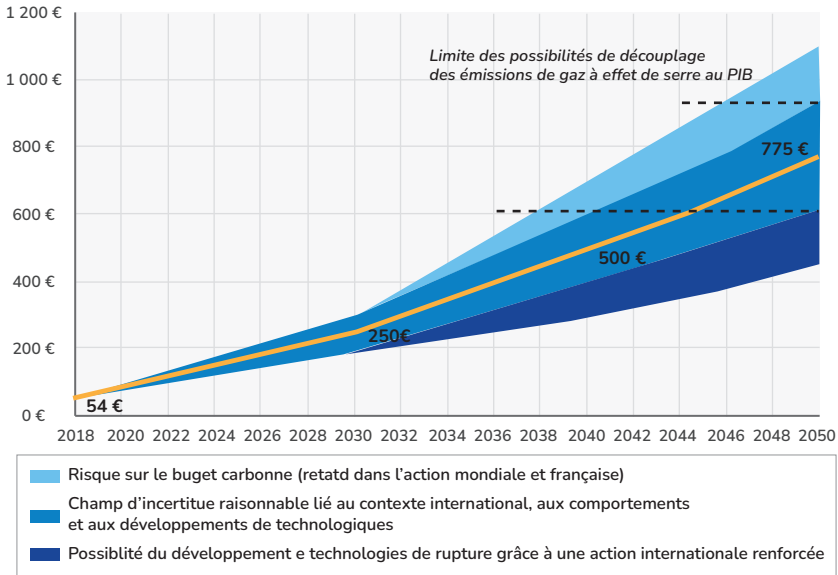
- La valeur du carbone croît dans le temps à un rythme qui à compter de 2040 s'aligne sur le taux d'actualisation public. Cette pente ascendante est le pendant du caractère épuisable du budget carbone à notre disposition. Une gestion prudente de cette « ressource » conduit à un renchérissement progressif de sa valeur au rythme du taux d'intérêt – conformément à la règle de Hotelling (1931) ;
- Cette trajectoire assure le respect de l'objectif final mais sans prétendre définir totalement le rythme opérationnel de la

---

4. Le marché de quotas européens ne couvre en effet qu'une petite moitié des émissions européennes de gaz à effet de serre et ne se projette pas sur un horizon de long terme et un objectif « ZEN ».

décarbonation. Il est nécessaire en effet de tenir compte des contraintes temporelles qui pèsent sur le déploiement des investissements de décarbonation qu'il s'agisse de l'installation de bornes de recharges pour véhicules électriques, de la rénovation du parc de logements ou de la construction de nouvelles lignes de chemin de fer.

Graphique 5. Trajectoire de valeur carbone calée sur l'objectif ZEN

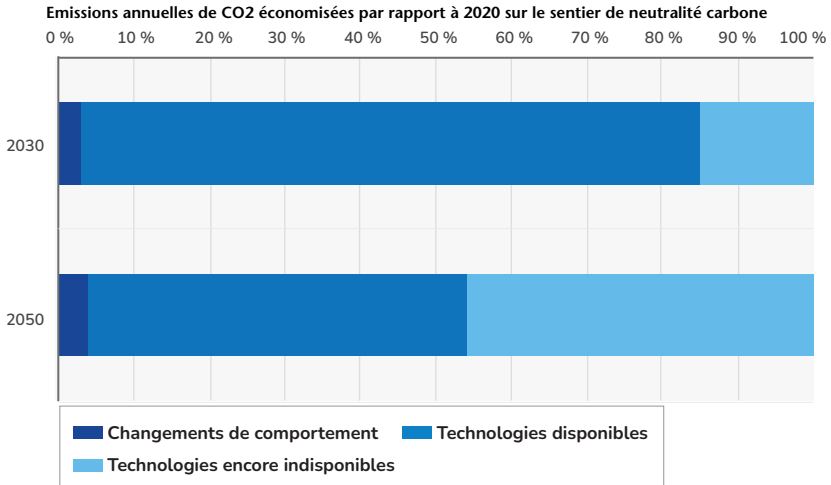


France Stratégie (2019).

Les incertitudes qui entourent à la fois la disponibilité et le coût des technologies futures sont naturellement très fortes, ce qu'illustre l'élargissement de la fourchette entourant la trajectoire de référence au fur et à mesure que l'horizon s'allonge. Selon l'AIE (2021), plus de la moitié des technologies nécessaires à l'atteinte de la neutralité carbone à horizon 2050 sont aujourd'hui non matures, voire inconnues (graphique 6).

Au-delà de la valeur carbone, point d'ancrage des politiques climatiques, c'est l'ensemble du cadre de l'analyse socioéconomique qui prend désormais pleinement en compte les enjeux climatiques des projets :

Graphique 6. Incertitudes sur la disponibilité des technologies de décarbonation



AIE (2021).

- L'horizon d'évaluation des projets d'investissements a été allongé jusqu'en 2140 pour mieux prendre en compte leurs effets structurants de long terme, voire de très long terme ;
- Le taux d'actualisation a baissé, donnant plus de poids aux bénéfices de long terme des actions engagées. Les rapports Lebègue (2008) et Gollier (2011) ont précisé les rôles respectifs des taux sans risque, de la prime de risque et de la structure par terme des taux ;
- La règle de Hotelling aligne la progression de la valeur carbone de long terme sur le taux d'actualisation public, évitant ainsi que celle-ci soit écrasée par la valeur du temps.

### 3. La mise en œuvre du référentiel dans les secteurs à émissions diffuses

Le référentiel d'évaluation peut être utilisé soit pour contribuer à un calcul de valeur actuelle nette (VAN) socio-économique (valeur totale créée par un investissement pour la collectivité), soit pour comparer les coûts d'abattement socio-économique à la valeur carbone. Quelques illustrations portant sur les secteurs à émissions diffuses (transport et logement) permettent de faire ressortir l'intérêt opérationnel des évaluations.

### 3.1. L'évaluation des investissements publics : le cas des lignes à grande vitesse

L'exemple de la ligne à grande vitesse (LGV) Atlantique (280 km) réalisée en 1989, pour un coût d'investissement de 3 milliards d'euros, permet d'illustrer l'importance des changements intervenus dans l'évaluation environnementale des projets. Dans ce type de projets, il faut estimer les gains climat mais aussi les co-bénéfices – en l'occurrence un gain de temps d'une heure entre Paris et Tours, Rennes, Bordeaux.

Comme le montre le tableau 2 ci-dessous, le rapport Boiteux (2001) retenait une période d'évaluation de 50 ans, un taux d'actualisation très élevé (8 %), une valeur carbone relativement faible (58€ en 2030 et 104€ en 2050) dont le taux de croissance de 3 % restait sensiblement inférieure au taux d'actualisation de 8 %. Sous ces hypothèses les gains climat générés par une LGV restaient faibles, de l'ordre de 3 % de l'investissement, l'immense majorité des gains étant attribuables au temps gagné – le principal co-bénéfice des LGV. Ils se sont nettement accrus au fil des évaluations, passant de 3 % dans le rapport Boiteux (2001) à 5,5 % avec les paramètres de 2008 et à près de 20 % avec les paramètres de 2019. Le dispositif actuel d'évaluation prend donc pleinement en compte les enjeux de long terme, au-delà de 2050.

Tableau 2. La revalorisation des gains climat des projets

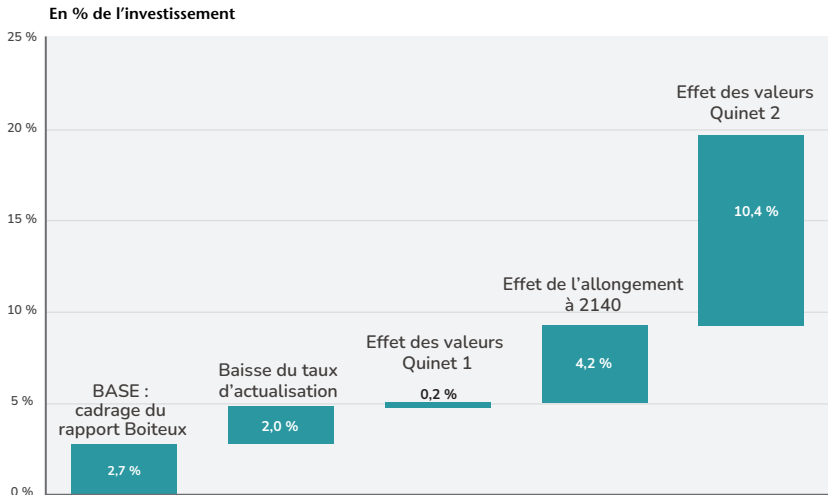
	2001	2008	2019
<b>Valeur Carbone en €/tCO2</b>			
En 2010	32	32	32
En 2030	58	100	250
En 2050	104	180	775
<b>Taux d'actualisation (sans risque depuis 2008)</b>	8 %	4 %	4,5 %
<b>Période d'évaluation</b>	50 ans	50 ans	Jusqu'en 2140
<b>Taux de croissance de la valeur carbone</b>	3 %	4 %	4,5 % jusqu'en 2060 constant par la suite
<b>Gain climat en % de l'investissement</b>	2,7 %	5,5 %	19,6 %

Calculs de l'auteur fondés sur les rapports Boiteux (2001), Gollier (2011) Lebègue (2008), Quinet (2008) et Quinet (2019).

Si l'on calcule les contributions des différents facteurs, en procédant dans l'ordre dans lequel les changements de paramètre ont été effectués, le graphique 7 montre que l'allongement de la période

d'évaluation, conjugué à une revalorisation des valeurs du carbone à long terme ont joué un rôle prépondérant dans l'augmentation du poids des gains climat.

Graphique 7. Contributions à la réévaluation des gains climat



Calculs de l'auteur fondés sur les rapports Boiteux (2001), Gollier (2011) Lebègue (2008), Quinet (2008) et Quinet (2019).

L'objectif « ZEN » soulève un nouvel enjeu en termes de scénario de référence. Lors de l'évaluation socio-économique de la LGV Atlantique, le transport par rail était comparé à des modes de transport « structurellement » carbonés (la voiture et l'avion). La question nouvelle est celle du scénario de référence à prendre en compte, compte tenu de la perspective désormais ouverte d'une décarbonation partielle ou totale de la route et du transport aérien. Aujourd'hui, les évaluations socio-économiques recommandent de prendre deux hypothèses, l'une prudente et l'autre plus volontariste. Celles présentées dans le tableau 2 ci-dessus font l'hypothèse prudente d'une décarbonation lente de la route et de l'aérien.

### 3.2. L'évaluation des actions de lutte contre le changement climatique : le cas de la mobilité électrique

La valeur du carbone délimite le domaine des actions utiles et efficaces en termes de décarbonation : elle permet à la collectivité d'identifier le portefeuille des actions de décarbonisation dont le coût d'abattement est inférieur à cette valeur.

Si la valeur du carbone croît comme le taux d'actualisation socio-économique, une action sectorielle de décarbonation est rentable socioéconomiquement dès lors que son coût d'abattement est inférieur à la valeur du carbone l'année de l'investissement. Une action plus coûteuse induit en première approche un surcoût par rapport à un chemin efficace. Comme l'illustre le graphique 1 précédent, la valeur carbone de référence permet de tracer une frontière entre actions rentables et non rentables.

Un travail systématique d'analyse des coûts d'abattement par secteur a été entrepris par France Stratégie (Criqui, 2021). Le tableau 3 ci-dessous permet ainsi de comparer les coûts des différentes options du déploiement du véhicule électrique à la valeur du carbone issue du rapport Quinet (2019). Cette évaluation montre qu'aucun véhicule ne présente aujourd'hui un coût d'abattement inférieur à la valeur carbone. Mais la situation évolue dans le temps et les coûts d'abattement deviennent inférieurs à la valeur carbone dès 2025 pour la citadine électrique (si le prix du carburant est élevé), en 2030 pour la berline électrique. Pour la berline hydrogène, en revanche, il n'y a pas de perspective de rentabilité avant 2040.

Tableau 3. Coût d'abattement socio-économique des véhicules décarbonés

Euros par tonne de CO <sub>2</sub> abattue	2020	2030
Citadine électrique	332	137
Berline électrique	413	199-252
Véhicule hydrogène	1 025	749-934

Rapport Criqui (2021).

Les technologies émergentes, comme le recours à l'hydrogène vert ou la capture et la séquestration du carbone, nécessitent un traitement particulier. Ce n'est pas parce que leurs coûts sont trop élevés aujourd'hui au regard de la valeur du carbone qu'il faut les écarter d'emblée. L'évaluation économique doit se fonder sur une analyse dynamique des coûts d'abattement, en s'appuyant notamment sur les rapports *Energy Technology Perspectives* régulièrement publiés par l'Agence internationale de l'énergie. L'évaluation prospective doit alors apporter des éléments de réponse aux deux questions suivantes :

- Pour les technologies déployables, les coûts d'abattement sont-ils amenés à baisser tendanciellement sous l'effet des économies d'échelle et d'apprentissage, comme on l'a vu récemment sur les



énergies renouvelables et comme on commence à le voir sur les véhicules électriques ?

- Pour les technologies encore en phase de R&D, les perspectives permettent-elles d'envisager raisonnablement que leur coût baissera sous la valeur carbone ? Les coûts de R&D sont alors à intégrer dans le coût d'abattement, en leur affectant une probabilité de réussite.

### 3.3. L'évaluation des mesures : les cas du véhicule individuel et du logement

Des mesures publiques sont généralement nécessaires pour rapprocher les valeurs privées des actions de décarbonation de leur valeur pour la collectivité : un investissement public permet de déployer une nouvelle infrastructure bas carbone, une réglementation rend une action obligatoire, une taxe sur les émissions de CO<sub>2e</sub> améliore la compétitivité de la technologie décarbonée, une subvention contribue à financer l'acquisition de cette technologie, une garantie permet de partager les risques de développement d'une innovation.

L'évaluation permet, une fois les actions sélectionnées, de bien calibrer les mesures de soutien. Une mesure est bien calibrée si son taux explicite (de tarification) ou son coût implicite est en ligne avec la valeur de référence du carbone. Les bilans disponibles, aux États-Unis comme en Europe, aboutissent très généralement à deux conclusions :

- Les taux de tarification du carbone en vigueur sont très inférieurs à la valeur de référence du carbone – ce qu'illustrent notamment les *carbon pricing gap* de l'OCDE (OCDE, 2018) ;
- Les coûts implicites (par tonne de CO<sub>2e</sub> évitée) des normes et des subventions sont très hétérogènes et parfois très élevés. Aux États-Unis, Gillingham *et al.* (2018) montrent ainsi que les coûts d'abattement implicites aux différentes réglementations et subventions américaines s'étagent entre 10 et 1 000 dollars la tonne de CO<sub>2e</sub> évitée. Cette hétérogénéité est très importante d'une action à l'autre mais aussi au sein d'une même action – par exemple le soutien aux énergies renouvelables – à raison d'un calibrage plus ou pertinent des mesures de soutien. En Europe et en France, même si l'on ne dispose pas d'une synthèse équivalente, les évaluations dispositif par dispositif pointent une hétérogénéité équivalente. Fridstrom (2021), par exemple, montre que le coût implicite de la tonne de CO<sub>2e</sub> des réductions des taxes sur l'achat et la possession (vignette annuelle) de véhicules électriques

s'élèverait en Norvège à un minimum de 1 370 euros la tonne de CO<sub>2e</sub> évitée. Au niveau européen, le coût des normes d'émission en vigueur (gr de CO<sub>2e</sub>/km) conduirait à un coût implicite de 390 euros la tonne.

L'évaluation du coût à la tonne de CO<sub>2e</sub> évitée des mesures est un exercice rendu souvent exigeant par le cumul, pour un usage donné (utilisation d'une voiture, d'un chauffage, d'une installation industrielle ou agricole, etc.) d'un grand nombre d'initiatives incitant à la décarbonation. Ce cumul peut être justifié : il faut à court terme réguler l'usage des actifs polluants et dans une perspective de plus long terme « verdir » les actifs, innover pour les remplacer par de nouveaux actifs non polluants. Par exemple, pour réduire les émissions des véhicules particuliers, se combinent des mesures régulant les usages des véhicules thermiques (fiscalité carbone, restriction de circulation en ville) et des mesures visant à favoriser les véhicules moins polluants (normes d'efficacité énergétique et de pollution, bonus-malus sur l'acquisition des véhicules, prime à l'achat de véhicules électriques...). Cette accumulation peut être justifiée. Encore faut-il se doter d'une vue agrégée, qu'il faut construire avec une méthodologie rigoureuse, fondée sur des simulations, car il n'est pas pertinent de se contenter d'additionner les mesures :

- Les tarifications explicites du carbone (taxes, prix des quotas) ne s'additionnent aux subventions que sous des conditions très restrictives (Baumol et Oates, 1988). En effet, les subventions ne portent en pratique que sur les choix d'investissement et sont ciblées sur certaines technologies, alors que la tarification porte sur les usages. De même les tarifications explicites et le prix implicite des normes ne s'additionnent pas, le signal-prix explicite portant sur les émissions résiduelles après mise en place de la réglementation ;
- Les normes peuvent générer des effets rebond – ceux-ci étant très importants dans le domaine de la mobilité individuelle et du chauffage individuel. Des normes d'efficacité énergétique incitent les utilisateurs à acheter des véhicules plus puissants et à les utiliser plus longtemps ; un gain d'efficacité énergétique dans un logement incite à se chauffer davantage (avec à la clé un réel gain de bien-être si la sobriété antérieure était « subie »). Ces effets rebond sont, au regard des différentes études disponibles, compris entre 10 et 30 % ;

- Il en va de même pour les subventions. Le bonus-malus automobile a certes contribué à améliorer la qualité du parc mais, il a aussi soutenu les achats d'automobile, contribué à une extension du parc et finalement conduit à une augmentation des émissions de carbone (dHautefeuille *et al.*, 2014) ;
- Les mesures peuvent dans certains cas être complémentaires – c'est souvent le cas du « couple » normes et tarification. Elles peuvent aussi être substituables. Un exemple classique de substituable concerne l'impact de la politique de soutien aux énergies renouvelables sur le marché européen du carbone ETS : les subventions aux renouvelables ont augmenté l'offre d'énergie et – à offre de permis donnée – contribué à l'effondrement des prix de l'ETS. Cet effet dit « d'édredon » a été corrigé pour une large part depuis 2018, mais le risque perdure en l'absence de prix plancher sur le marché ETS.

Le bon calibrage des instruments appelle également, au-delà de la bonne agrégation des mesures, une analyse fine de leurs effets redistributifs. Ceux qui sont cachés méritent d'être explicités :

- La tarification du carbone peut induire des effets redistributifs non désirés de grande taille qui doivent être évalués pour pouvoir construire les mécanismes de compensation les mieux ciblés. Les évaluations montrent aussi que le recyclage forfaitaire des recettes permet de compenser intégralement les pertes de pouvoir d'achat des ménages à faibles revenus (Douenne, 2019 ; Bureau *et al.*, 2019) ;
- Les réglementations ont des effets redistributifs cachés et plus difficiles à discerner que ceux de la tarification mais qui peuvent être aussi importants. Jacobsen (2013), par exemple, montre que les normes imposant aux constructeurs automobiles d'améliorer les standards des véhicules neufs vendus ont un effet fortement régressif. Les constructeurs, pour respecter les standards, sont en effet incités à réduire les prix des véhicules les plus performants et, corrélativement, à augmenter les prix des véhicules les moins performants. De ce fait les véhicules d'occasion achetés par les ménages à faibles revenus deviennent plus chers ;
- Des politiques conventionnelles associant réglementations et subventions profitent plus souvent aux ménages aisés : ils ont plus d'intérêt ou de facilité à changer d'équipements, si bien qu'ils bénéficient davantage des aides (celles en particulier ne

dépendant pas de leurs revenus) et le coût net des mises aux normes est plus faible pour eux. Le crédit d'impôt transition énergétique de 30 % sans condition de ressource tel que configuré en 2014 a bénéficié essentiellement aux propriétaires occupants de maisons individuelles alors que les logements collectifs et ceux occupés par des locataires affichent des performances énergétiques plus médiocres que la moyenne (Waysand *et al.*, 2017).

Ces évaluations *ex post* montrent que les impacts climat des mesures passées sont parfois frustrants. Elles sont en même temps riches d'enseignements pour dessiner des solutions plus pertinentes et plus justes. Il est possible, par un bon *design* et une bonne complémentarité des mesures, d'obtenir un résultat bien plus efficace et de mieux contrôler les effets redistributifs non désirés.

#### 4. Conclusion

La stratégie de décarbonation conduit à élargir l'assiette des efforts à l'ensemble de secteurs mais en reconnaissant que les coûts d'abattement peuvent varier d'un secteur à l'autre, d'où l'importance d'évaluer précisément le périmètre et le tempo des actions utiles.

Le cœur de l'évaluation relève des dispositifs socio-économiques qui se sont perfectionnés au fil du temps. Ces dispositifs permettent de traiter trois questions successives :

- Celle du périmètre des actions utiles à la collectivité, selon une logique d'ordre de mérite ;
- Celle de la valeur monétaire des gains procurés par les investissements de décarbonation ;
- Celle du calibrage des instruments de politique publique (tarification, subventions, réglementations). Chacun de ces instruments implique un prix explicite ou implicite du carbone qui peut se comparer à la valeur carbone de référence. Il génère aussi des effets redistributifs, transparents dans le cas d'une tarification du carbone, plus opaques mais tous aussi importants pour les autres types de mesures.

Au total il est aujourd'hui possible, sans nier les incertitudes, d'appuyer la stratégie de décarbonation sur une évaluation permettant de sélectionner les actions les plus efficaces et de calibrer les mesures visant à les soutenir.

## Références

- Agence Internationale de l'Énergie, 2021, *NetZero by 2050*, Rapport, mai.
- Aghion Ph., Hepburn C., Teytelboym A. et Zenghelis, D., 2019, *Path dependence, innovation and the economics of climate change*. In *Handbook on green growth*, Edward Elgar Publishing.
- Aghion Ph., 2020, *Le pouvoir de la destruction créatrice*, Paris, Odile Jacob.
- Allen T., Dees S., Caicedo Graciano C. M., Chouard V., Clerc L., Gaye A. de, Vernet L., 2020, « Climate-related scenarios for financial stability assessment: An application to France », *Banque de France, Working paper*, n° 774.
- Baumol W, Oates W., 1988, « The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment », *The Swedish Journal of Economics*, vol. 73, n° 1, *Environmental Economics*, mars, 1971, pp. 42-54.
- Blanchard O. et Tirole J., 2021, *Les grands défis économiques*, Rapport France Stratégie.
- Boiteux M., 2001, *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*, Rapport du Commissariat Général du Plan.
- Bureau D., Henriot F. et Schubert K., 2019, *A Proposal for the Climate: Taxing Carbon not People*, Rapport du Conseil d'Analyse Economique.
- Criqui P., 2021, *Les coûts d'abattement*, Rapport France Stratégie.
- Douenne T., 2019, « Les effets de la fiscalité écologique sur le pouvoir d'achat des ménages : simulation de plusieurs scénarios de redistribution », *Focus du CAE*, n° 30.
- Dupuit J., 1844, « De la mesure de l'utilité des travaux public », *Annales des Ponts et Chaussées*, Paris
- Fridstrom L., 2021, « The Norwegian Vehicle Electrification Policy and its Implicit Price of Carbon », *Sustainability*, vol. 13, n° 3, p. 1346.
- GIEC, 2021, « Climate Change 2021 - The Physical Science Basis - Summary for Policy Makers », Rapport IPCC.
- Gillingham K., Stock J. H., 2018, « The Cost of Reducing Greenhouse Gas Emissions », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 32, n° 4, automne, pp. 53-72.
- Global Carbon Budget, 2021, *Carbon Budget 2021*, Rapport du 4 novembre.
- Gollier C., 2011, « Le calcul du risque dans les investissements publics », Centre d'analyse stratégique, *Rapports et documents*, n° 36, La Documentation française.
- d'Haultefeuille X., Givord P. et Boutin X., 2014, « The environmental effect of green taxation: The case of the French bonus/malus », *The Economic Journal*, vol. 124, n° 578, pp. F444-F480.
- Hotelling H., 1931, « The Economics of exhaustible Resources », *Journal of Political Economy*, n° 39, pp. 137-175.

- Jacobsen M. R., 2013, « Evaluating US fuel economy standards in a model with producer and household heterogeneity », *American Economic Journal: Economic Policy*, vol. 5, n° 2, pp. 148-87.
- Lebègue D. (dir.), 2008, *Révision du taux d'actualisation des investissements publics*, Commissariat général du Plan, La Documentation française.
- OCDE, 2018, *Effective Carbon Rates 2018: Pricing Carbon Emissions Through Taxes and Emissions Trading*, Paris, Editions de l'OCDE.
- Pigou A. C., 1920, *The Economics of Welfare*, Londres, Macmillan.
- Quinet A., 2008, *La Valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique, La Documentation française.
- Quinet A., 2019, *La Valeur de l'Action pour le climat*, France Stratégie, La Documentation française.
- Rocard M., 2009, *Rapport de la conférence des experts et de la table ronde sur la contribution Climat et Energie*, La Documentation française.
- Stern N., 2006, *Stern Review on the Economics of Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Stern N., Stiglitz J., 2017, *Report of the High-Level Commission on Carbon Prices*, Carbon Pricing Leadership Coalition, 29 mai.
- Waysand C., D. Genet, M-P. Carraud, M. Rousseau, A. Weber et C. Helbronner, 2017, *Aides à la rénovation énergétique des logements privés*, Rapport IGF-CGEDD, La Documentation française, avril.