



HAL
open science

Une évaluation macroéconomique et sectorielle de la fiscalité carbone en France

Gaël Callonnec, Frédéric Reynés, Yasser Yeddar-Tamsamani

► **To cite this version:**

Gaël Callonnec, Frédéric Reynés, Yasser Yeddar-Tamsamani. Une évaluation macroéconomique et sectorielle de la fiscalité carbone en France. Revue de l'OFCE, Presses de Sciences Po, 2012, pp.123 - 154. 10.3917/reof.120.0121 . hal-03461335

HAL Id: hal-03461335

<https://hal-sciencespo.archives-ouvertes.fr/hal-03461335>

Submitted on 1 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNE ÉVALUATION MACROÉCONOMIQUE ET SECTORIELLE DE LA FISCALITÉ CARBONE EN FRANCE

Gaël Callonnec*

ADEME, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

Frédéric Reynès

IVM, Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam

OFCE, Observatoire français des conjonctures économiques

Yasser Y. Tamsamani

OFCE, Observatoire français des conjonctures économiques

CERAM, Centre de recherche sur l'Afrique et la Méditerranée, EGE Rabat

Cet article évalue l'impact macroéconomique et sectoriel d'une taxe carbone en France en utilisant le modèle Three-ME qui combine deux caractéristiques importantes pour cette analyse. (1) Le modèle possède une structure sectorielle détaillée avec une fine description du système fiscal français, en particulier de la fiscalité appliquée à l'énergie. (2) Il a les principales propriétés des modèles d'inspiration néo-keynésienne car il tient compte de la lenteur des processus d'ajustement des prix et des quantités. Les modèles d'équilibre général d'inspiration walrasienne mettent souvent en évidence les conséquences à long terme d'une taxe carbone sur l'économie mais ils négligent les effets à court et moyen terme notamment sur l'emploi et sur la compétitivité des entreprises. Or l'acceptabilité des réformes environnementales dépend souvent de leurs répercussions sur la sphère économique et sociale à court terme. Ayant des propriétés néo-keynésiennes, Three-ME permet de mesurer ces répercussions.

Nos résultats confirment sous certaines conditions la possibilité d'un double dividende économique et environnemental autant à court terme qu'à long terme. L'amélioration de la situation économique dépend néanmoins des mesures d'accompagnement mises en œuvre telles que les exonérations et les modalités de redistribution de la taxe. Il apparaît aussi que ces mesures d'accompagnement réduisent sensiblement l'ampleur du dividende environnemental.

Mots clés : taxe carbone, modèle macroéconomique néo-keynésien, analyse sectorielle.

* Les auteurs remercient Éloi Laurent et Henri Sterdyniak pour leurs remarques et leurs propositions d'amélioration de ce travail, ainsi que l'ADEME pour son support financier (convention de recherche 0910C0132).

En 2007, les concertations du Grenelle de l'environnement ont confirmé la volonté des autorités françaises de diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 par rapport au niveau de 1990. Pour atteindre cet objectif, le Grenelle souligne, entre autres, le rôle incitatif que pourrait jouer la fiscalité environnementale pour influencer les comportements des ménages et améliorer l'efficacité énergétique des processus de production.

Le projet de loi sur la Contribution climat énergie (CCE), qui prévoyait d'introduire une fiscalité carbone¹, était un des éléments phares issus de ces discussions. Il a été censuré par le Conseil constitutionnel au motif que l'exemption totale des secteurs soumis au marché européen de quotas de CO₂ constitue une rupture de l'égalité devant l'impôt. Le Conseil considère en effet que la gratuité des allocations rend le dispositif trop peu contraignant². Le gouvernement français a finalement renoncé à soumettre un autre projet, de crainte de se heurter à l'opposition des ménages et de porter atteinte à la compétitivité française.

La présente étude évalue l'impact macroéconomique et sectoriel d'une fiscalité carbone en France conforme au projet de CCE voté dans la loi de finance pour 2010. Elle apporte des éléments de réponse aux questions suivantes. Quelle serait l'effet de l'instauration d'une fiscalité carbone sur le pouvoir d'achat des ménages ? Dans quelle mesure une telle réforme est susceptible de générer un double dividende, environnemental et économique ? Une taxe carbone permet-elle de concilier l'efficacité économique et la soutenabilité écologique ? Quelle ampleur de réduction des émissions de CO₂ peut-on attendre d'une taxe carbone ? L'amélioration de la facture énergétique compense-t-elle les éventuelles dégradations de compétitivité ? La taxe carbone engendre-t-elle un cercle économique vertueux notamment par le transfert de chiffre

1. Le terme « fiscalité carbone » fait référence à toutes les mesures fiscales dont les taux d'imposition sont explicitement reliés aux quantités de CO₂ émises par un secteur ou pour la fabrication d'un produit, ainsi que les évolutions futures de ces taux, le mode de recyclage des recettes et les éventuelles conditions de dérogations.

2. Pour plus de détails sur les raisons de la censure voir Laurent et Le Cacheux (2010).

d'affaires des secteurs énergivores (production et distribution des énergies fossiles, transport routier, etc.) vers ceux qui combinent une faible intensité énergétique et une forte intensité en main-d'œuvre (bâtiment, construction de matériel ferroviaire, transport collectif et fluvial) ? Les mesures d'exonération sont-elles efficaces à court et long terme pour réduire les effets économiques négatifs de la taxe ?

Nous utilisons le modèle Three-ME (Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy) développé conjointement par l'ADEME, l'OFCE et IVM. Three-ME semble bien adapté pour ce genre d'exercice du fait de ses propriétés néo-keynésiennes, de sa structure sectorielle détaillée et de sa fine description du système fiscal français, en particulier la fiscalité appliquée à l'énergie. Les modèles d'équilibre général d'inspiration walrasienne mettent souvent en évidence les incidences à long terme d'une taxe carbone sur l'économie (Bernard et Veille, 1998 ; Al Amin *et al.*, 2009) mais ils estiment mal les répercussions à court et moyen terme, notamment sur l'emploi et la compétitivité des entreprises. Or les raisons mises en avant lors du refus des États-Unis d'adhérer au protocole de Kyoto ou lors de l'abandon du projet de loi de la taxe carbone en France confirment que l'acceptabilité des réformes environnementales dépend souvent de leurs répercussions sur la sphère économique et sociale à court et moyen terme. Seul un modèle ayant des caractéristiques néo-keynésiennes prenant explicitement en compte la dynamique d'ajustement à court et moyen terme permet d'évaluer l'impact à court et moyen terme d'une politique environnementale.

Nos résultats suggèrent que les conséquences socio-économiques et environnementales d'une taxe carbone dépendent largement de l'ampleur du choc initial, de son évolution, des conditions de redistribution et des modalités d'exonération prévues. Ils confirment la possibilité d'un double dividende économique et environnemental autant à court terme qu'à long terme. À court terme, l'amélioration de la situation économique dépend néanmoins des mesures d'accompagnement mises en œuvre telles que les exonérations et les modalités de redistribution de la taxe. Il apparaît aussi que ces mesures d'accompagnement réduisent sensiblement l'ampleur du dividende environnemental. Cela illustre le dilemme auxquels les pouvoirs publics sont confrontés : d'un côté

l'efficacité à long terme, et de l'autre les coûts socio-économiques de court terme.

La deuxième section présente les principales caractéristiques de Three-ME, en particulier les hypothèses importantes qui déterminent les effets de la taxe carbone. La troisième section décrit la mesure fiscale simulée alors que la quatrième présente les résultats concernant l'impact macroéconomique, sectoriel et environnemental d'une telle réforme. La dernière section conclut et explicite les limites de cet exercice de simulation.

1. Le modèle Three-ME

La spécification complète de Three-ME ainsi que ses principales propriétés sont détaillées dans Reynès *et al.* (2011). Nous présentons ici brièvement ses caractéristiques générales. Three-ME est un modèle macroéconomique multisectoriel d'inspiration néo-keynésienne. Il reprend donc les caractéristiques standards des modèles macroéconomiques unisectoriels néo-keynésiens :

- le niveau de l'offre (production et importations) est déterminé par la demande ;
- les prix, rigides à court terme, sont déterminés dans un cadre de concurrence imparfaite par maximisation du profit : le prix de chaque bien s'ajuste lentement à un prix désiré qui correspond à un taux de marge sur les coûts unitaires de production. Les salaires sont déterminés selon une courbe de Phillips augmentée ;
- la quantité de facteurs de production désirée est aussi déterminée par la maximisation du profit. Du fait de coûts d'ajustement, la quantité effective de chaque facteur s'ajuste progressivement au niveau désiré ;
- le taux d'intérêt est déterminé au niveau de la zone euro selon une fonction de réaction à la Taylor qui tient compte du poids de chaque pays.

Comparé à la plupart des modèles d'équilibre général appliqués (MEGA) qui souvent postulent une parfaite flexibilité des prix, Three-ME a pour objectif de représenter de manière plus réaliste le fonctionnement de l'économie en tenant compte explicitement de

l'ajustement lent des prix et des quantités, autorisant ainsi des équilibres de sous-emploi permanents ou transitoires.

Par rapport à la plupart des modèles macroéconomiques d'inspiration néo-keynésienne de l'économie française, Three-ME a l'avantage d'être multisectoriel à un niveau relativement détaillé. Cela est important pour l'analyse de toute politique économique ayant pour objectif de faire évoluer les comportements de production et de consommation, en modifiant les prix relatifs entre secteurs et produits, comme la taxe carbone. Ainsi, Three-ME compte 24 secteurs de production et distingue explicitement cinq types de transports et quatre types d'énergie.

À court et moyen terme, les propriétés de Three-ME sont largement déterminées par le bloc demande, en particulier par les mécanismes multiplicateur et accélérateur (investissements, consommations intermédiaires, consommations des ménages). La dynamique endogène du modèle est assurée par les équations d'accumulation (capital productif, logement, automobile), l'inertie des prix, la spécification des anticipations (adaptatives versus rationnelles), et l'ajustement des variables effectives à leur niveau désiré. Les hypothèses d'inertie et de coûts d'ajustement entraînent des écarts entre les prix et les quantités effectifs et désirés. En conséquence, l'allocation des facteurs de production est sous-optimale.

À long terme, les ajustements sont terminés, les anticipations réalisées, les quantités et les prix effectifs atteignent leur niveau optimal, déterminé par la productivité et la quantité des facteurs de production disponibles, dans la mesure des règles de politique monétaire retenues. À long terme le modèle est stable et l'économie évolue à la Solow (1956) : les variables réelles croissent au rythme du progrès technique et de la population, les variables nominales croissent au rythme de l'économie réelle plus l'inflation (elle-même déterminée par l'inflation étrangère), le taux de chômage est à son niveau d'équilibre et les prix sont ajustés au niveau qui équilibre l'offre et la demande.

Three-ME distingue plusieurs mécanismes d'influence des prix sur la consommation d'énergie : les effets de substitution, de sobriété et d'efficacité. Le niveau relativement élevé de désagrégation est important pour saisir de manière réaliste la complexité des mécanismes de substitution entrant en jeu à la suite d'un

changement du prix relatif entre les énergies. Par exemple, une augmentation du prix du pétrole entraîne une substitution entre le pétrole et les autres énergies par deux canaux. Le premier est direct : les producteurs et les consommateurs réduisent leur consommation de pétrole au profit d'une autre énergie. Le deuxième est indirect et passe par l'augmentation du coût de production des secteurs intensifs en pétrole qui entraîne une substitution des consommations intermédiaires et finales en produits de ces secteurs par celles de secteurs moins intensifs. Un exemple typique est la baisse de l'utilisation du transport routier à la suite d'une augmentation du prix du pétrole. Par ailleurs, pour surmonter la restriction imposée par des fonctions CES imbriquées, une forme flexible de la fonction de production est retenue. Par conséquent, l'élasticité de la substitution n'est pas nécessairement commune entre tous les facteurs de production (travail, capital, énergie et autres consommations intermédiaires). Cette forme flexible est également adoptée pour représenter la substituabilité entre les différentes sources d'énergie et entre les différents biens de consommation.

Les choix énergétiques des ménages sont endogènes et modélisés de façon détaillée. Les particuliers ont la possibilité de réduire leur consommation d'énergie, soit en réalisant des travaux d'efficacité énergétique, soit en adoptant des comportements de sobriété énergétique. Par exemple, ils peuvent choisir de baisser la température intérieure de leur logement ou de limiter leurs déplacements en automobile pour compenser une éventuelle hausse de leur facture énergétique. La sobriété peut conduire à une diminution du bien-être, si elle se traduit par une baisse du confort thermique ou une réduction subie de la mobilité. En revanche, dans le cas de l'efficacité, le même niveau de bien-être est atteint mais avec une quantité d'énergie plus faible. L'efficacité énergétique implique nécessairement un investissement dans une technologie plus efficace, par exemple l'achat d'une voiture ayant une plus faible consommation de carburant ou l'isolation du logement. Afin de modéliser au mieux l'amélioration potentielle de l'efficacité énergétique des parcs immobiliers et automobiles, Three-ME distingue les investissements de rénovation énergétique des autres formes de rénovation immobilière, et différencie les acquisitions de véhicules sobres (c'est-à-dire les classes énergétiques A, B et C+, qui sont

« bonussées »³) des achats de véhicules énergivores (de classes C-, D, E, F et G).

Par construction, les indices de prix dans le modèle sont calculés comme des moyennes pondérées. Ainsi, ces phénomènes d'efficacité et de sobriété diminuent le prix à la consommation, car la part de l'énergie dans la consommation diminue. Certaines études microéconomiques observent que cela pouvait conduire à un « effet rebond » (Bentzen, 2004 ; Sorrell *et al.*, 2009). On parle d'effet rebond ou de « paradoxe de Jevons » lorsque les économies d'énergie *ex-post* d'un investissement en efficacité énergétique sont inférieures aux économies d'énergie espérées *ex-ante* parce que le consommateur utilise une partie de la réduction de sa facture énergétique pour augmenter sa consommation d'énergie. Les ménages à faibles revenus vivant dans des logements mal isolés sont particulièrement concernés car ils ont tendance à abaisser la température de chauffage, à la limite du supportable afin de maîtriser leurs dépenses énergétiques. À la suite d'un investissement d'isolation, ils privilégient souvent l'amélioration de leur confort thermique à la baisse de leur facture. Cet effet est explicitement pris en compte dans le modèle : un investissement d'efficacité énergétique réduit les prix à la consommation et augmente ainsi le revenu réel qui conduit à un niveau de consommation (en particulier énergétique) plus élevé.

Enfin, il est important de mentionner que l'énergie est modélisée ici comme un bien de première nécessité : sa part dans le revenu diminue lorsque le revenu augmente. Formellement, cela signifie que l'élasticité entre la consommation énergétique et le revenu est inférieure à l'unité. D'après l'enquête « Budget des familles 2006 », cette élasticité, calibrée à partir des consommations énergétiques des 1^{er} et 5^e quantile de revenu, est de 0,18. Cette hypothèse est particulièrement importante s'agissant de l'évolution des émissions dans le cas où la taxe carbone générerait un dividende économique. En effet, tout enrichissement économique entraîne une hausse de la consommation énergétique. L'hypothèse standard d'une élasticité unitaire aurait tendance à

3. Dispositif fiscal entré en vigueur le 1^{er} janvier 2008, le « bonus-malus » automobile octroie une subvention (un bonus) aux véhicules les moins polluants et pénalise d'une taxe (d'un malus) l'achat des voitures fortement émettrices de CO₂.

sous-estimer la baisse de la consommation et donc des émissions de CO₂, voire à générer une augmentation des émissions.

2. Simulation d'une taxe carbone de 20 euros par tonne de CO₂

Nous supposons que la taxe carbone est introduite de façon unilatérale par la France et sans aucun ajustement aux frontières. Elle est mise en place à partir de 2012 selon les conditions prévues dans le projet de loi de finances de 2010⁴. Nous avons cependant retenu des taux d'exonérations sectoriels différents qui pourraient ainsi échapper à la censure du Conseil constitutionnel. Et afin de mesurer séparément les effets de la taxe carbone de la tendance croissante du prix de pétrole telle qu'elle est prévue par l'Agence internationale de l'énergie, nous considérons que les prix à l'importation des énergies fossiles évoluent au rythme du taux d'inflation tendancielle.

Le taux de la taxe est calculé sur la base du contenu en carbone de chaque type d'énergie et de l'usage qui en est fait (consommations finales et intermédiaires, exportations) pour un prix de 20 euros par tonne de CO₂⁵. Les prix des combustibles étant différenciés selon leur destination, la variation *ex-ante* en pourcentage du prix due à une taxe sur le contenu en CO₂ sera aussi différente. Le tableau 1 fournit l'augmentation en pourcentage des prix des énergies fossiles en 2012 pour les ménages et les entreprises.

La mise en place de la taxe est simulée sur la période 2012-2050 et l'évolution du taux d'imposition suit le schéma indiqué dans le rapport Quinet (2008), qui prévoit une valeur d'une tonne de CO₂ à 56 euros en 2020, 100 euros en 2030, pour se stabiliser à 200 euros en 2050. Ce schéma correspond à un accroissement du taux nominal de la taxe de 14 % par an entre 2012 et 2020, de 6 % entre 2020 et 2030 et enfin de 4 % entre 2030 et 2050.

4. Pour une description détaillée de la mesure, consulter le « Rapport sur les prélèvements obligatoires et leur évolution » du projet de loi de finances pour 2010 qui y consacre un dossier entier.

5. Le projet de loi de finances 2010 prévoyait une taxe carbone sur les prix de l'énergie hors taxes correspondant à 17 €/t de CO₂, ce qui correspond à 20 €/t de CO₂ appliquée à des prix TTC.

**Tableau 1. Le taux de la taxe carbone
en % du prix TTC en 2012 par destination et type d'énergie ***

	Ménages	Entreprises
Charbon	13	60
Pétrole	5	8
Gaz	7	14

* Ces taux sont calculés sur la base d'une valeur de 20 €/t de CO₂ en 2006 en appliquant un taux d'inflation de 2 % entre 2006 et 2012. L'augmentation du prix de l'énergie des entreprises à la suite de la taxe est plus élevée du fait que les prix industriels de l'énergie sont plus bas que les prix domestiques.

Source : Calcul des auteurs à partir des données de l'Observatoire de l'énergie.

Une taxe carbone correspondant à 20 euros/tonne de CO₂ en 2012 renchérit le prix du charbon des ménages d'environ 13 % et celui des entreprises de 60 % (tableau 1). Avec une taxe carbone qui atteint 200 euros/tonne en 2050, le prix du charbon domestique est multiplié par 1,63 entre 2012 et 2050 et celui destiné aux entreprises par 3,8. L'évolution de ce multiplicateur des prix pour les trois types d'énergie est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau 2. Multiplicateurs des prix de l'énergie fossile à la suite
de l'instauration de la taxe carbone ***

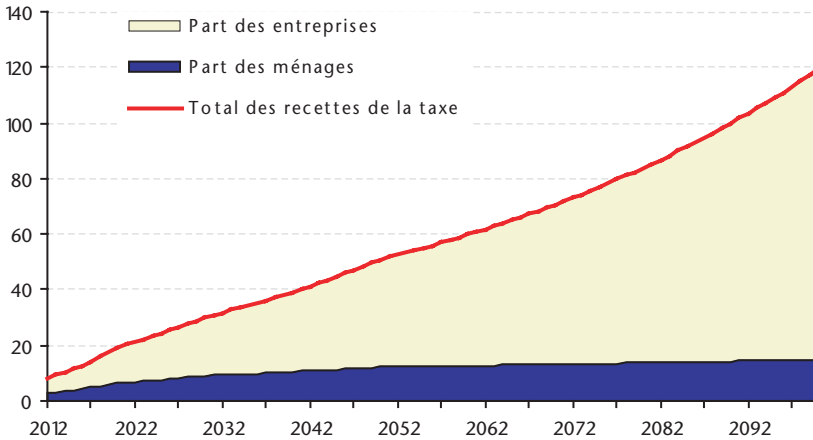
	2020		2030		2050	
	Ménages	Entreprises	Ménages	Entreprises	Ménages	Entreprises
Charbon	1,32	2,42	1,47	3,08	1,63	3,8
Pétrole	1,13	1,19	1,19	1,28	1,25	1,38
Gaz	1,17	1,34	1,25	1,50	1,33	1,67

* Ce sont des multiplicateurs *ex ante* calculés en faisant l'hypothèse que l'intensité carbone reste constante durant la période de simulation, comme si la taxe n'avait aucun effet incitatif en faveur des technologies propres.

Source : Calcul des auteurs à partir des données de l'Observatoire de l'énergie.

La taxe carbone a pour principal objectif de réduire les émissions de dioxyde de carbone et donc la demande en énergie fossile. Cela se traduit par un rétrécissement de l'assiette fiscale de la taxe, ce qui réduit le montant des recettes recyclées et l'éventuel cercle vertueux de croissance et d'emploi enclenché par le dividende économique. Dans le cas présent, l'effet d'érosion de l'assiette fiscale sur les recettes de la taxe est plus que compensé par la trajectoire croissante du taux de la taxe. Les revenus fiscaux continuent de croître même au-delà de 2050, date à laquelle le taux réel de la CCE serait stabilisé (graphique 1).

Graphique 1. Évolution des recettes fiscales de la taxe carbone
en milliards d'euros de 2012



Source : modèle TRHEE-ME.

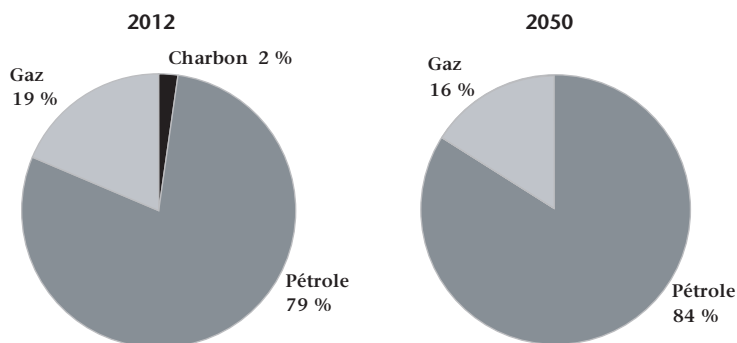
Le produit de la taxe est évalué en 2012 à 8,24 milliards d'euros, dont environ 35 % est à la charge des ménages (soit 2,88 milliards) et le reste est supporté par les entreprises, notamment le tertiaire (soit 5,36 milliards). En 2050, les recettes passeraient à 50,85 milliards d'euros constants, avec une baisse de 10 points de la contribution des ménages contre une augmentation de celle des entreprises qui atteindrait 75 %. Cette altération dans la répartition de la charge de la taxe entre les agents est due à la fois aux modalités de réinjection des recettes et au degré de sensibilité des ménages aux variations du prix de l'énergie fossile. Les deux tiers des recettes de la taxe étant redistribués aux entreprises (le mode précis de redistribution des recettes est décrit plus loin), leur activité s'en trouve stimulée et leur compétitivité-prix renforcée, limitant ainsi l'effet direct de la taxe. Du côté des ménages, la montée du prix de l'énergie fossile les incite à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et à recourir à des moyens de transport plus sobres (soit par substitution avec les transports collectifs ou par plus d'investissements dans l'automobile propre), ce qui stabilise à terme leurs efforts de réduction des émissions de CO₂ et donc leur contribution aux recettes totales de la taxe.

Au cours des premières années qui suivent l'introduction de la taxe, le taux de croissance des recettes est nettement plus élevé que

celui du revenu national, avec un taux qui se situe autour de 11,5 % jusqu'en 2020, puis à 4,5 % entre 2020 et 2030, et à 2,6 % jusqu'en 2050. Au-delà de 2050, le taux de croissance du produit de la taxe rejoint progressivement le taux de croissance tendanciel de l'économie.

Concernant la répartition des recettes de la taxe entre les trois énergies fossiles (graphique 2), les produits pétroliers arrivent en tête avec une part de 79 %, suivi du gaz à 19 % et du charbon à 2 %. En 2050, la contribution du charbon s'annule et celle des produits pétroliers passe à 84 % et celle du gaz baisse à 16 %.

Graphique 2. Le poids par source d'énergie dans les recettes totales de la taxe en 2012 et 2050



Source : Modèle Three-ME, calcul des auteurs.

Conformément aux ambitions du projet initial qui visait la neutralité budgétaire, nous supposons que l'intégralité des recettes de la taxe carbone est réinjectée dans le circuit économique. Plusieurs modalités de recyclage ont été traitées dans la littérature comme condition préalable à l'obtention d'un « double dividende » (cf. encadré) selon la nature des distorsions fiscales spécifiques à chaque économie. Certains travaux de modélisation des effets d'une taxe environnementale sur l'économie américaine ont donné la priorité en matière de recyclage des recettes à la réduction des prélèvements sur le capital (Shackleton *et al.*, 1993), tandis qu'en Europe et en France en particulier, l'allègement des coûts du travail a été privilégié par différentes études (CGP, 1993 ; Beaumais et Zagamé, 1993 ; Detemmerman *et al.*, 1993 ; Beaumais et Godard, 1994 ; Chiroleu-Assouline et Fodha, 2011).

Dans notre simulation de la fiscalité carbone, le recyclage des recettes tient en trois volets : i) la baisse du coût du travail d'un tiers des sommes récoltées, ii) le versement direct aux ménages du deuxième tiers, iii) la répartition du reliquat entre les secteurs du transport ferroviaire et du bâtiment sous forme d'une subvention d'exploitation⁶.

Tableau 3. Les taux d'exonération de la taxe carbone par secteur

Index	Secteurs	Taux d'exonération
1	Agriculture, sylviculture et pêche	90
2	Industrie agro-alimentaire	56
3	Automobile	21
4	Fabrication de verre et d'articles en verre	100
5	Fabrication de produits céramiques	100
6	Papier et carton	100
7	Industrie chimique minérale	81
8	Industrie chimique organique	98
9	Transformation des matières plastiques	8
10	Sidérurgie et première transformation de métaux ferreux	100
11	Production de métaux non ferreux	53
12	Autres secteurs industriels	29
13	Bâtiment et travaux publics	0
14	Transports ferroviaires	0
15	Transport routier de voyageurs	0
16	Transport routier (ou par conduites) de marchandises	0
17	Transports par eau	0
18	Transports aériens	0
19	Services marchands	0
20	Services non marchands	0
21	Extraction et agglomération de la houille (Charbon)	100
22	Raffinage de pétrole	100
23	Production et distribution d'électricité	100
24	Production et distribution de gaz	100

Source : calculs de l'ADEME à partir des données du CEREN (Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie).

6. Nous supposons que cette subvention finance les mesures prévues par la loi Grenelle 2 de rénovation des lignes de chemin de fer et la montée en puissance du prêt à taux zéro.

Du côté des exonérations sectorielles, les taux retenus pour cette simulation sont calculés par l'ADEME sur la base du principe de l'exonération des entreprises soumises au marché de quotas européen, des énergies fossiles non utilisées à des fins de combustibles, ou à « double usage »⁷ et des émissions liées à la décarbonation⁸.

3. Résultats de la simulation de la fiscalité carbone

3.1. De l'évaluation de l'impact macroéconomique...

L'instauration de la taxe carbone sans redistribution des recettes ni exonération entraîne une élévation du prix de l'énergie fossile dont les effets macroéconomiques et sectoriels sont proches d'une hausse du prix du pétrole. Toutefois, à la différence de cette dernière, l'instauration de la taxe réduit le déficit public et sa prévisibilité renforce la capacité d'adaptation et de réaction des assujettis.

Avec le dispositif décrit précédemment prévoyant des redistributions ciblées et des dérogations sectorielles spécifiques, les retombées macroéconomiques et sectorielles peuvent au contraire fortement différer d'un choc pétrolier. Les résultats macroéconomiques de la simulation d'une telle réforme par le modèle ThreeME sont résumés dans le tableau 4. Lors de la première année de la mise en place de la réforme, le taux d'inflation augmente de 0,07 point et la valeur ajoutée des secteurs marchands baisse de 0,08 %. Cette légère dégradation de la valeur ajoutée est due à une contraction de la production marchande (-0,09 %) plus importante que celle des consommations intermédiaires et de l'énergie qui s'ajustent avec retard à une variation du revenu. La baisse de la production provient pour sa part de la contraction des investissements productifs, dont l'ampleur éradique l'impact positif de la réforme sur la consommation et l'investissement des ménages.

7. « C'est-à-dire lorsqu'ils sont utilisés à la fois comme combustible et pour des usages autres que carburant ou combustible. Sont notamment considérés comme produits à double usage les combustibles utilisés dans des procédés métallurgiques ou de réduction chimique. Le bénéfice de la présente mesure est limité aux seules quantités de produits énergétiques utilisés pour ce double usage », Art. 265 C I 2° du Code des douanes.

8. La décarbonation désigne les rejets du carbone contenu dans les produits minéraux non métalliques (verre, céramique, chaux, ciment et plâtre) qui s'opèrent lors de leur cuisson. Elle est indépendante du type d'énergie utilisée pour produire de la chaleur.

Tableau 4. Résultats macroéconomiques de la fiscalité carbone
(en % en écart au compte central)

	2012	2013	2014	2015	2020	2030	2040	2050
PIB en volume	0,34	0,59	0,80	0,96	1,67	2,35	2,55	2,66
PIB marchand	0,40	0,70	0,96	1,14	1,99	2,81	3,04	3,18
Valeur ajoutée	-0,08	0,20	0,43	0,58	1,14	1,75	1,93	1,99
Production	-0,08	0,03	0,16	0,27	0,71	1,22	1,40	1,44
Production marchande	-0,09	0,04	0,19	0,30	0,80	1,38	1,58	1,62
Production non marchande	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,05	0,06
Consommation finale	0,10	0,21	0,32	0,43	0,84	1,19	1,30	1,45
Investissement des ménages en voiture	0,32	0,75	0,91	0,78	0,38	-0,20	-0,67	-1,01
Investissement en voiture propre	0,99	1,55	1,83	1,81	2,11	2,32	2,24	2,26
Investissement des ménages en logement	0,11	0,54	0,71	0,60	0,49	0,53	0,35	0,02
Investissement en isolation des logements	1,31	1,98	2,36	2,43	3,55	4,99	5,48	5,85
Investissement des secteurs	-1,24	-0,55	0,00	0,21	0,82	1,31	1,46	1,55
Investissement marchand	-1,31	-0,53	0,12	0,40	1,00	1,42	1,52	1,61
Investissement non marchand	-0,78	-0,69	-0,90	-1,19	-0,50	0,54	0,99	1,11
Exportation	-0,03	0,03	0,14	0,26	0,72	1,34	1,52	1,41
Importation	-0,27	-0,29	-0,30	-0,32	-0,39	-0,51	-0,54	-0,50
Emploi	0,06	0,13	0,23	0,35	0,93	1,60	1,77	1,78
Taux de chômage (% point)	-0,03	-0,08	-0,13	-0,20	-0,53	-0,90	-1,00	-1,00
Taux d'inflation (% point)	0,07	-0,32	-0,26	-0,17	-0,17	-0,11	-0,03	0,01
Salaires brut moyen déflaté par le prix de la valeur ajoutée	-1,47	-1,38	-1,35	-1,37	-1,43	-1,94	-1,39	-1,02
Revenu disponible nominal	0,25	0,13	0,07	0,09	0,15	1,08	2,12	3,40
Taux d'intérêt (% point)	0,02	-0,05	-0,07	-0,05	-0,02	0,07	0,11	0,12
Déficit public (% du PIB)	-0,02	-0,03	-0,06	-0,07	-0,07	-0,26	-0,38	-0,56
Dette publique (% du PIB)	0,02	0,08	0,14	0,18	0,20	-1,01	-3,25	-6,33
Déficit commercial (% du PIB)	-0,10	-0,06	-0,02	0,01	0,03	0,20	0,22	0,19

Source : modèle Three-ME.

La consommation finale affiche en 2012 une légère amélioration de 0,1 %, imputable à l'augmentation du pouvoir d'achat des ménages, dont le revenu disponible nominal augmente du fait de la redistribution d'une partie des recettes de la taxe, mais aussi parce que la mesure a des effets positifs sur l'emploi : allègement du coût du travail et le renchérissement des coûts des autres facteurs de production stimulent la demande en main-d'œuvre

dans les secteurs marchands. Ainsi, la baisse marquée du salaire brut moyen (exprimé en termes réels) d'environ un point et demi se traduit par une substitution en faveur du facteur travail. De son côté, l'investissement des ménages réagit de la même manière que leur consommation finale puisqu'il dépend également de l'évolution du revenu disponible.

Cette amélioration de la demande finale reste néanmoins insuffisante pour renverser les effets négatifs de la mesure à très court terme sur la valeur ajoutée induits par le recul de l'investissement productif, d'autant plus que le prix à la consommation augmente, limitant l'appréciation du pouvoir d'achat. L'effet sur le PIB est tout de même positif en 2012 par un simple effet de comptabilité de la taxe qui compense la légère baisse de la valeur ajoutée. Le PIB augmente de 0,4 % par rapport à la tendance, résultat comparable à celui donné par certains modèles appliqués à l'économie française (Beumais et Zagamé, 1993 ; Hourcade *et al.*, 2009 ; Epaulard, 2009).

Encadré. La question du « double dividende »

Depuis les premiers travaux sur les gains potentiels en efficacité économique engendrés par la substitution d'une taxe environnementale à d'autres taxes distordantes (Terkla, 1984 ; Baumol et Oates, 1988 ; Pearce, 1991), la notion de « double dividende » a fait l'objet d'un large débat et de nombreuses controverses entre les économistes. Elle est réfutée dans les travaux basés sur un cadre d'analyse en équilibre général Walrasien (Bovenberg et Mooij, 1994 ; Bovenberg et Goulder, 1996), tandis qu'elle est confirmée dans les modèles macroéconomiques d'inspiration néo-keynésienne (Lemiale et Zagamé, 1998). Le modèle Three-ME, s'inscrivant dans ce deuxième courant, peut conduire à l'apparition d'un « double dividende » : un premier dividende environnemental est lié à la réduction des émissions de CO₂, le second à l'amélioration de la situation macroéconomique reflétée par la hausse de l'activité économique et de l'emploi.

Alors que le premier dividende provient exclusivement de la baisse de la demande en énergie fossile, le deuxième dépend de plusieurs facteurs. Il est largement lié aux effets de substitution : les entreprises privilégient le facteur travail au détriment de l'énergie ; les ménages ont intérêt à utiliser plus de services et moins d'énergie. Il est par ailleurs lié à la hausse de la taxation de l'énergie fossile, qui dans le cas de la France, s'avère moins récessive qu'une augmentation de la TVA par exemple, dans la mesure où elle porte essentiellement sur les importations, la production française étant moins intensive en énergie fossile que celle de ses concurrents commerciaux. Il est aussi le résultat du mode de

redistribution des recettes. Un recyclage des recettes par un allègement du coût du travail présente un double avantage : (1) il permet de réduire les prix à la production et donc de stimuler la demande et l'activité ; (2) il favorise le travail au détriment des autres facteurs de production, ce qui limite la baisse du revenu disponible réel induite par la taxe et stimule la consommation et l'investissement des ménages. Selon Pearce (1991), le deuxième dividende dépend par ailleurs de l'écart entre le coût social du système fiscal avant et après l'instauration de la taxe carbone. Les recettes de la taxe carbone servant à réduire des taxes plus distordantes permettent en même temps d'améliorer l'efficacité du système fiscal.

Indépendamment des bienfaits de la redistribution des recettes, la taxe carbone est source de régulation de certaines défaillances du système productif et social. D'abord, elle permet de réduire des distorsions entre producteurs en fixant un prix commun aux émissions de CO₂. En absence d'une telle taxe, les producteurs soucieux des conséquences environnementales de leur activité et utilisant une technologie moins polluante sont lésés car les technologies propres sont encore relativement chères. Dans ce sens, la taxe favorise les conditions d'une concurrence loyale compatible avec une utilisation soutenable des moyens de production. Au niveau social, la taxe carbone valorise et donc favorise les comportements de consommation vertueux en pénalisant les externalités négatives liées aux émissions résultant du comportement des citoyens les plus pollueurs.

À partir de 2014, les effets positifs de la redistribution s'accroissent et un cercle vertueux de croissance et de baisse du chômage s'amorce. En écart à la tendance, l'investissement et la production des secteurs deviennent positifs. Le PIB progresse plus vite que dans le scénario central du fait des effets multiplicateur et accélérateur. Il atteint un niveau de 3,18 % supérieur à celui du compte central à l'horizon de notre simulation en 2050.

Dans le modèle, les ménages s'adaptent à un renchérissement du prix de l'énergie lié à l'instauration de la taxe carbone en investissant davantage dans les automobiles sobres et dans l'isolation des bâtiments. En 2050, ces investissements augmenteraient respectivement de 2,26 % et 5,85 %.

La forte baisse des importations à la suite de l'instauration de la taxe carbone reflète le fait que la France est un importateur net d'énergies fossiles. Cette baisse est durable avec un rythme plus soutenu au début de la période, mais qui tend à se stabiliser autour

de -0,5 % dans les vingt dernières années de la simulation. En revanche, les exportations baissent légèrement la première année de mise en œuvre de la mesure, lorsque l'inflation augmente. Dans les années suivantes, les prix à l'exportation croissent moins vite que le compte central et les produits domestiques sont donc plus compétitifs sur le marché international, ce qui stimule les exportations pour une demande mondiale inchangée.

Cette dynamique des exportations, conjuguée à la baisse des importations et l'augmentation du PIB, permet de réduire le déficit commercial en points du PIB durant les trois premières années de la mesure. Par la suite, le déficit commercial se creuse légèrement du fait de la baisse des prix à l'exportation due à la baisse des coûts de production liée à la redistribution des recettes de la taxe. Avec une élasticité prix à l'exportation inférieure à l'unité, l'amélioration de la compétitivité-prix des produits domestiques n'entraîne pas une augmentation du volume des exportations suffisante pour annuler l'effet de la baisse des prix sur la valeur des exportations. Au total, les exportations en valeur baissent et le déficit de la balance commerciale se creuse.

Du fait de l'hypothèse de neutralité budgétaire, la fiscalité carbone est *ex-ante* sans effet sur l'équilibre budgétaire des administrations publiques. L'impact *ex-post* est quasi nul à court terme. Par contre à moyen et long terme, un cercle vertueux de croissance et d'emploi s'enclenche, entraînant une amélioration des comptes publics. À l'horizon 2050, le déficit budgétaire et la dette publique baissent par rapport au scénario central respectivement de 0,56 point et 6,33 points. La mesure entraîne également une modification de la structure des recettes fiscales à l'horizon de 2050 : le poids de la TVA baisse légèrement à cause de l'effet désinflationniste de la politique redistributive.

3.2. ...aux répercussions sectorielles

En général, toute hausse des prélèvements obligatoires sur des produits domestiques a un effet récessif et conduit à une hausse conjointe du chômage et de l'inflation. Dans le cas de la mise en place d'une taxe carbone accompagnée d'un scénario de redistribution ciblé et d'un schéma d'exonérations sectorielles tels que précédemment décrits, cet effet récessif peut être compensé et un cercle vertueux de croissance et d'emploi peut s'amorcer dans la

plupart des secteurs. Toutefois, les secteurs ne réagissent pas de la même manière à cette réforme (tableau 5). En particulier, trois groupes se distinguent :

- (1) les secteurs caractérisés par des taux de croissance (en écart à la tendance) de la production et de l'emploi positifs dès la première année de la mise en place de la fiscalité carbone, et qui ont tendance à augmenter dans les périodes suivantes. Il s'agit de l'agriculture, sylviculture et pêche, de l'industrie agro-alimentaire, de la fabrication de verre et d'articles en verre, de l'industrie du papier et carton, de la transformation des matières plastiques, des transports ferroviaires, du transport routier de voyageurs et de la production et distribution d'électricité ;
- (2) les secteurs dont la production est négativement affectée et dont l'emploi n'est que marginalement dégradé du fait de la lenteur des délais d'ajustement. Ce groupe est composé des secteurs : d'automobile, de fabrication de produits céramiques, d'industrie chimique minérale, d'industrie chimique organique, de la sidérurgie et de première transformation de métaux ferreux, de production de métaux non ferreux, de bâtiment et de travaux publics, du transport routier de marchandises, des services marchands et d'autres secteurs industriels. À moyen et long terme, les réactions dans ces secteurs convergent vers celles du premier groupe ;
- (3) les secteurs qui pâtissent de la mesure à court comme à long terme, ce sont : la production et distribution du charbon, la production et distribution du pétrole, la production et distribution de gaz naturel, les transports par eau et transports aériens.

L'analyse des retombées sectorielles de la taxe carbone montre que c'est moins l'effet direct sur les prix des *inputs* énergétiques de chaque secteur qui détermine la manière dont un secteur est touché que l'interdépendance sectorielle *via* les consommations intermédiaires et l'investissement en produit. Le secteur des produits céramiques illustre bien cette interdépendance. Bien qu'il bénéficie d'une exonération totale, sa production recule du fait de la contraction de l'activité dans les secteurs demandeurs de son produit. Ce résultat confirme que les modèles d'équilibre partiels ou uni-sectoriels faisant abstraction de l'effet de contagion entre secteurs lié au bouclage macroéconomique sont mal adaptés à l'évaluation de ce genre de mesure.

Tableau 5. Résultats sectoriels de la fiscalité carbone

Secteurs	Variables	2012	2013	2014	2015	2020	2030	2050
Agriculture, sylviculture et pêche	Production (Y)	0,04	0,14	0,28	0,43	1,04	1,78	2,17
	Emploi (L)	0,11	0,23	0,38	0,54	1,42	2,52	2,97
Industrie agro-alimentaire	Y	0,09	0,20	0,34	0,48	1,09	1,75	2,10
	L	0,08	0,18	0,30	0,44	1,17	2,07	2,41
Automobile	Y	-0,09	0,15	0,37	0,51	1,01	1,57	1,63
	L	0,00	0,08	0,22	0,37	1,02	1,78	1,84
Fabrication de verre et d'articles en verre	Y	0,06	0,20	0,39	0,58	1,34	2,23	2,54
	L	0,09	0,21	0,36	0,54	1,48	2,72	3,16
Fabrication de produits céramiques	Y	-0,12	-0,06	0,09	0,21	0,67	1,29	1,44
	L	0,02	0,06	0,14	0,25	0,83	1,69	1,90
Papier et carton	Y	0,03	0,12	0,27	0,44	1,17	2,05	2,40
	L	0,06	0,14	0,26	0,40	1,24	2,40	2,81
Industrie chimique minérale	Y	-0,02	0,02	0,13	0,26	0,89	1,69	1,85
	L	0,03	0,06	0,13	0,23	0,89	1,88	2,08
Industrie chimique organique	Y	-0,02	0,00	0,06	0,14	0,55	1,10	1,24
	L	0,00	0,02	0,05	0,10	0,50	1,14	1,24
Transformation des matières plastiques	Y	0,00	0,11	0,26	0,43	1,09	1,88	2,13
	L	0,08	0,19	0,33	0,49	1,39	2,59	3,01
Sidérurgie et première transformation de métaux ferreux	Y	-0,01	0,05	0,18	0,32	0,93	1,73	2,00
	L	0,02	0,06	0,13	0,24	0,89	1,84	2,07
Production de métaux non ferreux	Y	-0,01	0,04	0,13	0,23	0,70	1,32	1,49
	L	0,02	0,05	0,10	0,19	0,71	1,47	1,60
Autres	Y	-0,05	0,11	0,31	0,49	1,19	1,98	2,22
	L	0,04	0,13	0,26	0,42	1,28	2,38	2,73
BTP	Y	-0,38	-0,02	0,18	0,17	0,46	0,84	0,82
	L	-0,05	0,02	0,14	0,24	0,66	1,28	1,31
Transports ferroviaires	Y	0,81	1,89	2,83	3,57	6,52	10,38	13,30
	L	0,47	1,18	2,03	2,91	6,87	11,99	15,48
Transport routier de voyageurs	Y	0,10	0,21	0,31	0,42	0,84	1,21	1,42
	L	0,10	0,22	0,34	0,47	1,09	1,78	2,14
Transport routier (ou par conduites) de marchandises	Y	-0,10	-0,06	0,04	0,15	0,59	1,08	1,10
	L	0,08	0,16	0,27	0,39	1,10	2,03	2,31
Transports par eau	Y	-0,19	-0,31	-0,36	-0,34	-0,25	-0,12	-0,47
	L	-0,02	-0,08	-0,13	-0,15	-0,06	0,13	-0,25

Tableau 5 (suite). Résultats sectoriels de la fiscalité carbone

Secteurs	Variables	2012	2013	2014	2015	2020	2030	2050
Transports par eau	Production (Y)	-0,19	-0,31	-0,36	-0,34	-0,25	-0,12	-0,47
	Emploi (L)	-0,02	-0,08	-0,13	-0,15	-0,06	0,13	-0,25
Transports aériens	Y	-0,10	-0,21	-0,25	-0,24	-0,14	-0,11	-0,65
	L	0,02	0,01	0,00	0,00	0,18	0,39	-0,09
Services marchands	Y	-0,06	0,05	0,19	0,31	0,81	1,37	1,67
	L	0,09	0,20	0,34	0,50	1,32	2,25	2,57
Extraction et agglomération de la houille (Charbon)	Y	-12,24	-14,63	-16,15	-16,98	-20,34	-23,03	-26,09
	L	-3,84	-7,58	-10,60	-12,86	-18,61	-22,48	-25,99
Raffinage de pétrole	Y	-1,23	-1,71	-2,01	-2,21	-3,40	-4,68	-6,03
	L	-0,37	-0,81	-1,21	-1,55	-2,84	-4,36	-5,91
Production et distribution d'électricité	Y	1,40	1,69	1,98	2,25	3,80	5,72	7,72
	L	0,45	0,89	1,29	1,66	3,32	5,51	7,51
Production et distribution de gaz	Y	-2,44	-3,12	-3,61	-3,97	-5,97	-8,10	-10,28
	L	-0,73	-1,52	-2,22	-2,80	-5,01	-7,55	-10,02

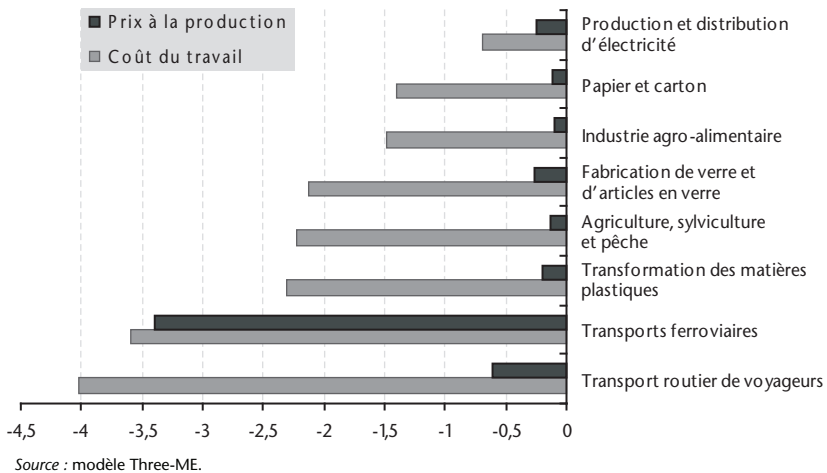
Source : modèle Three-ME.

Par ailleurs, le changement technologique induit par l'augmentation du prix de l'énergie et son impact à moyen et long terme sur la structure de production au sein de chaque secteur affecte également la sensibilité des secteurs vis-à-vis de la taxe carbone. Ne pas le prendre en compte revient à limiter la capacité des secteurs à s'adapter à la nouvelle situation. C'est une des limites de la version actuelle de Three-ME où le progrès technique et le gain d'efficacité énergétique tendanciel sont exogènes. Cela tend à surestimer les effets négatifs d'une taxe carbone. Les résultats présentés ici sous-estiment donc l'ampleur des effets vertueux à moyen et long terme de la taxe sur le plan économique et environnemental. Malgré cette hypothèse conservatrice, il est intéressant de voir qu'une taxe carbone peut tout de même avoir des effets favorables sur l'économie.

Dans tous les secteurs du groupe 1, la baisse des coûts salariaux fait plus que compenser le renchérissement du coût du capital et des autres *inputs* à la suite de l'instauration de la fiscalité carbone (graphique 3). La baisse des coûts se transmet aux prix à la production, ce qui stimule la production et l'emploi. Cet effet est plus marqué dans le secteur des transports ferroviaires qui a bénéficié

des mesures de redistribution avantageuses abaissant son prix à la production de 3,5 %. Par ailleurs, l'effet de substitution en faveur du travail vient renforcer la dynamique de la création d'emploi dans les secteurs de ce groupe en général, tandis que la substitution entre les énergies profite au secteur électrique comme le montre ses performances en termes de production (+1,4 %) et d'emploi (+0,45 %). À moyen et long terme, cette dynamique de baisse des prix et d'accélération de la production s'accroît au fur et à mesure que les ajustements sont réalisés et que le taux de la taxe augmente.

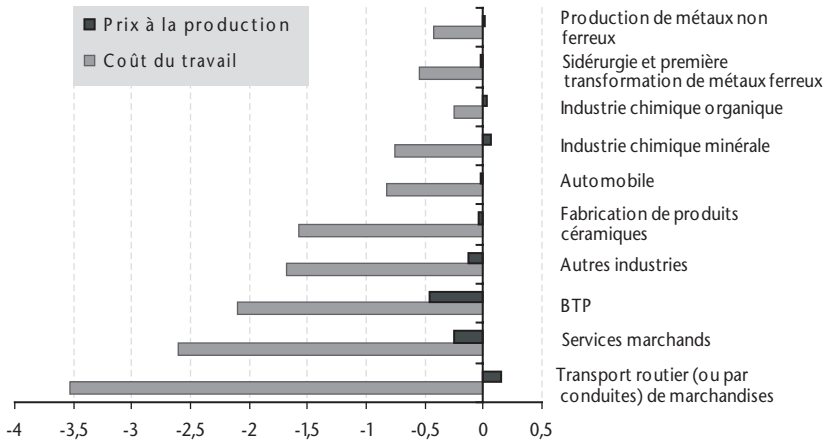
Graphique 3. L'effet de la fiscalité carbone sur le coût du travail et la production dans les secteurs du groupe 1 en 2012 (en % en écart au compte central)



Quant aux secteurs du deuxième groupe (graphique 4), la redistribution des recettes de la taxe n'efface pas totalement les effets négatifs de la réforme sur la production et l'emploi, du moins à court terme. La légère baisse des prix à la production dans ces secteurs est insuffisante pour stimuler leur activité comme dans les secteurs du premier groupe. Malgré une redistribution favorable permettant de baisser sensiblement le prix à la production, le secteur de BTP pâtit le plus dans ce groupe avec une contraction conjointe de la production et de l'emploi de respectivement 0,38 % et 0,05 %. Ceci s'explique par la baisse de la demande des secteurs producteurs et distributeurs de l'énergie en biens d'investissement adressée à ce secteur, et par l'orientation de son marché exclusivement domestique qui ne lui permet pas de bénéficier de la baisse de

ses coûts de production sur le plan extérieur. À moyen et long terme, ces effets négatifs sont compensés par un effet de propagation entre secteurs de la dynamique favorable de croissance et d'emploi.

Graphique 4. L'effet de la fiscalité carbone sur le coût du travail et de la production dans les secteurs du groupe 2 en 2012 (en % en écart au compte central)



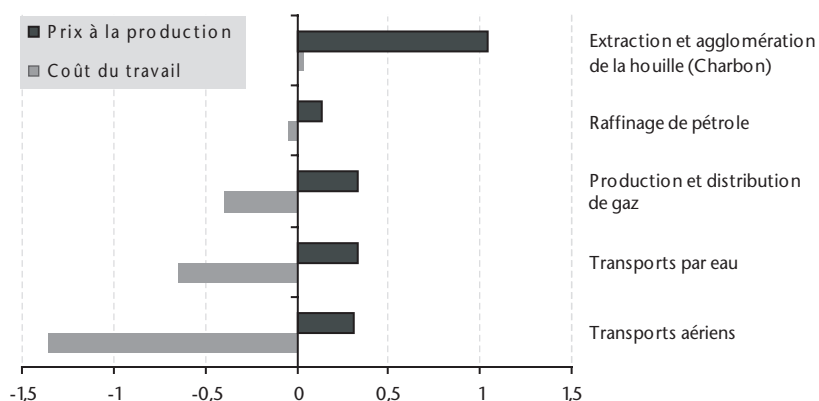
Source : modèle Three-ME.

Dans les secteurs du groupe 3 (graphique 5), la contraction de la production est plus marquée. La baisse de l'emploi est de moindre ampleur à court et moyen terme du fait des rigidités sur le marché du travail. Cette baisse de la production est due à la montée des prix à la production et à la baisse sensible de la demande des entreprises et des ménages pour ces produits. La baisse des coûts salariaux est insuffisante pour empêcher cette dynamique récessive qui se renforce au fur et à mesure que les ménages améliorent leur efficacité énergétique en investissant dans l'achat des automobiles sobres et dans l'isolation des bâtiments.

Au-delà de 2050, date à partir de laquelle le taux réel de la taxe est maintenu constant, les mécanismes stabilisateurs inhérents à la structure du modèle (effets d'éviction induits par l'évolution des prix et du taux d'intérêt et convergence du chômage vers son niveau d'équilibre) conjugués aux contraintes de long terme (stabilité du ratio de la dette intérieure sur la richesse financière des ménages et la réalisation des anticipations) font converger

l'économie vers son sentier de croissance équilibré. À ce stade, les effets vertueux de la réforme sur la croissance et l'emploi tendent à s'estomper, puisqu'on a supposé par commodité que le taux de chômage d'équilibre était égal au taux de chômage de l'année de base (2006). Les résultats auraient été positifs même à long terme si l'on avait simulé un choc en situation d'équilibre de sous-emploi, en postulant l'existence d'un taux de chômage initial supérieur au taux d'équilibre pris en compte par la politique monétaire de la Banque centrale.

Graphique 5. L'effet de la fiscalité carbone sur le coût du travail et de la production dans les secteurs du groupe 3 en 2012 (en % en écart au compte central)

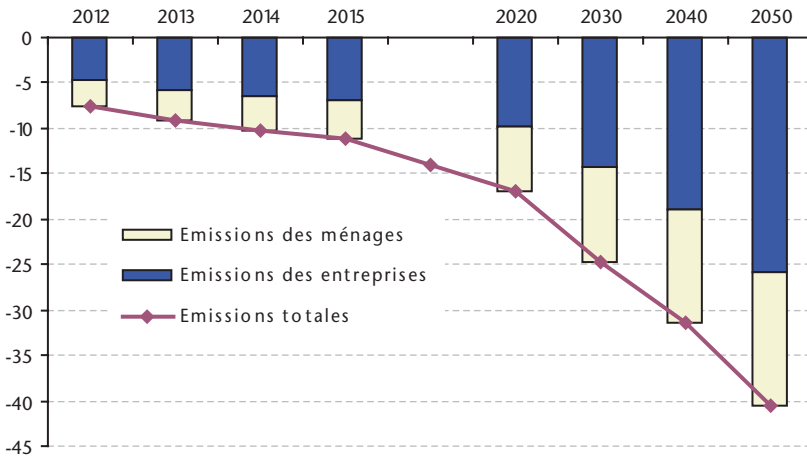


Source : modèle Three-ME.

3.3. Les émissions de CO₂

Les différents mécanismes de substitution consécutifs à la mise en œuvre de la fiscalité carbone jouent au détriment de la demande de l'énergie fossile. En 2012, les émissions de CO₂ baissent de 7,6 Mt (Millions de tonnes) (1,7 %) par rapport au sentier de référence. Les entreprises y participent à hauteur de 63 % (graphique 6). Cet effort de réduction s'accroît progressivement du fait de l'évolution haussière du taux de la taxe et des ajustements des agents. En 2050, la baisse des émissions passe à plus de 40 Mt, soit une réduction de 5 % par rapport au compte central. Pour les ménages, la baisse est de 14,4 Mt, soit une réduction de 9 % par rapport au compte central. Notons que la répartition de cet effort reste quasi inchangée par rapport à l'année de l'introduction de la réforme (64 % pour les entreprises et 36 % pour les ménages en 2050).

Graphique 6. Évolution de l'effort de réduction des émissions de CO₂ par acteur économique



Source : modèle Three-ME.

La plus grande partie (65 %) de la baisse des émissions des ménages en 2012 provient de la consommation des produits pétroliers. Cet effort est rendu possible essentiellement par leurs dépenses d'investissement en automobiles sobres⁹. La baisse de la consommation de gaz contribue quant à elle à l'effort de réduction des émissions à hauteur de 33 %, et la part du charbon ne dépasse pas 2 %.

Tous les secteurs enregistrent une baisse de leurs émissions de CO₂ dès l'année de la mise en place de la fiscalité carbone, mais avec des proportions différentes. Du fait du schéma des exonérations adoptées, la contraction des émissions est plus marquée dans les secteurs non ou partiellement exonérés, tels que les secteurs des services marchands, de la production de plastique, d'automobile et du BTP. Les émissions liées à la décarbonation enregistrent aussi une légère baisse due à la contraction de l'activité dans les secteurs concernés (secteurs des verres et de la céramique). Le tableau 6 présente les résultats en termes de réductions sectorielles des émissions de CO₂ et leur évolution dans le temps.

9. Ce résultat est obtenu sous l'hypothèse d'un effet durable du système bonus-malus sur l'élasticité-prix de la demande des voitures sobres.

Tableau 6. Évolution des émissions sectorielles de CO₂

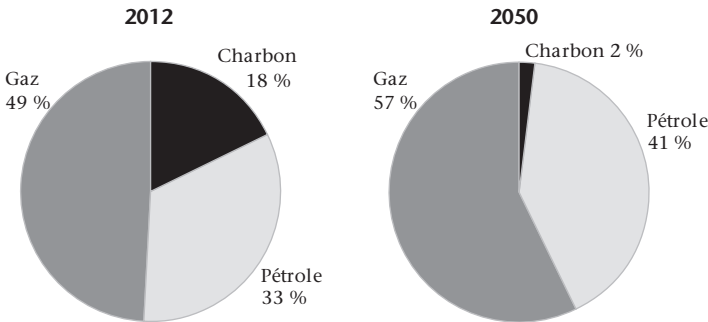
secteurs	2012	2013	2014	2015	2020	2030	2040	2050
Agriculture, sylviculture et pêche	-0,73	-0,76	-0,77	-0,78	-0,75	-0,67	-0,46	-0,14
Industrie agro-alimentaire	-8,18	-8,29	-8,40	-8,51	-9,07	-10,17	-10,40	-10,61
Automobile	-2,91	-2,88	-2,84	-2,80	-2,53	-1,65	-0,13	1,32
Fabrication de verre et d'articles en verre	-4,27	-4,30	-4,34	-4,37	-4,59	-4,95	-5,05	-5,22
Fabrication de produits céramiques	-7,28	-7,38	-7,47	-7,57	-8,07	-8,85	-8,74	-8,61
Papier et carton	-3,30	-3,32	-3,35	-3,39	-3,60	-4,00	-4,28	-4,61
Industrie chimique minérale	0,83	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,64	0,35
Industrie chimique organique	-4,13	-4,18	-4,24	-4,30	-4,64	-5,20	-5,39	-5,62
Transformation des matières plastiques	-9,86	-9,98	-10,11	-10,24	-10,95	-12,19	-12,51	-12,84
Sidérurgie et première transformation de métaux ferreux	1,86	1,89	1,91	1,93	1,96	1,97	1,58	1,12
Production de métaux non ferreux	-3,26	-3,29	-3,33	-3,37	-3,62	-4,08	-4,33	-4,66
Autres	1,78	1,81	1,84	1,86	1,91	1,92	1,56	1,12
BTP	-2,78	-2,80	-2,83	-2,87	-3,13	-3,71	-4,10	-4,59
Transports ferroviaires	0,78	0,80	0,81	0,82	0,82	0,73	0,47	0,14
Transport routier de voyageurs	-13,24	-13,38	-13,53	-13,69	-14,54	-15,98	-16,22	-16,52
Transport routier (ou par conduites) de marchandises	1,03	1,06	1,08	1,09	1,12	1,10	0,86	0,55
Transports par eau	-3,03	-3,05	-3,09	-3,14	-3,42	-4,00	-4,30	-4,68
Transports aériens	-16,38	-16,52	-16,67	-16,82	-17,62	-18,98	-19,24	-19,53
Services marchands	-17,24	-17,43	-17,62	-17,82	-18,85	-20,57	-20,68	-20,83
Services non marchands	8,57	8,67	8,76	8,85	9,29	10,15	9,22	8,28
Raffinage de pétrole	-2,59	-2,62	-2,66	-2,70	-2,91	-3,21	-3,31	-3,41
Production et distribution d'électricité	-1,60	-1,62	-1,64	-1,67	-1,86	-2,26	-2,59	-2,96
Production et distribution de gaz	-3,86	-3,90	-3,95	-4,00	-4,33	-5,05	-5,35	-5,70
Decarbonation								
Fabrication de verre et d'articles en verre	-2,96	-3,00	-3,04	-3,10	-3,41	-4,11	-4,50	-4,92
Fabrication de produits céramiques	-19,07	-19,21	-19,35	-19,50	-20,25	-21,44	-21,55	-21,67

Source : modèle Three-ME.

Dès la première année de la réforme, le premier dividende environnemental apparaît pour l'ensemble de l'économie. Ce résultat a tendance à s'amplifier avec le temps dans quasiment tous les secteurs, traduisant le recours progressif à une technologie de production moins intensive en énergie fossile. Une exception notable dans les secteurs du transport ferroviaire et de l'électricité qui tirent profit de la mesure et connaissent une hausse de leur activité et donc de leurs émissions (qui cependant étaient initialement relativement faibles). En 2050, leurs émissions sont respectivement supérieures de 10 % et 7 % par rapport au scénario de référence sans taxe. Le secteur électrique profite d'un effet de substitution en sa faveur tandis que le secteur des transports ferroviaires, en plus de l'effet de substitution, bénéficie d'une redistribution des recettes qui lui est avantageuse.

Au niveau de la répartition de l'effort de réduction des émissions sectorielles totales de CO₂ entre les trois sources d'énergie fossile, le gaz vient en tête avec la moitié des émissions évitées en 2012 au niveau national, suivi du pétrole avec 33 % et du charbon à 18 % (graphique 7).

Graphique 7. Évolution de la réduction des émissions de CO₂ par source d'énergie fossile



Source : modèle Three-ME.

Cette simulation des effets d'une taxe carbone débouche sur des baisses relativement modestes des émissions. Ce résultat a deux explications. La première provient de la spécification du choc :

- conformément au projet de loi, nous avons supposé des mesures d'accompagnement (redistribution des recettes et

exonérations) qui d'une part réduisent l'impact de la taxe sur les prix relatifs et d'autre part favorise la demande. Une variante de la taxe carbone de même ampleur mais sans redistribution des recettes conduit à une baisse des émissions deux fois supérieure à long terme. Par contre, le dividende économique disparaît à court terme. Une autre variante avec redistribution des recettes mais sans mesure d'exonération, conduit à un double dividende plus marqué pour tous les horizons, et ce malgré la dégradation de la situation économique dans les secteurs concernés par les exonérations. Ces variantes révèlent le dilemme auquel les pouvoirs publics sont confrontés concernant la mise en œuvre d'une taxe carbone et de ses modalités : d'un côté, l'efficacité environnementale à long terme, et d'un autre les coûts socio-économiques à court terme ;

- pour cette variante, nous avons retenu des hypothèses très optimistes au regard des développements récents sur les marchés pétroliers concernant l'évolution du prix des énergies fossiles qui progressent au rythme de l'inflation. Lorsque nous supposons un prix du pétrole à 150 euros constant le baril en 2020, la réduction des émissions de CO₂ est 2,25 fois supérieure et le dividende économique est en revanche moins important.

La deuxième explication provient des hypothèses relatives aux propriétés de long terme du modèle qui tendent à sous-estimer l'efficacité environnementale de la taxe carbone. En particulier, les résultats obtenus à long terme font apparaître un effet rebond très important : la hausse de l'activité économique induite par le regain d'investissements verts, l'augmentation de l'emploi les branches bâtiments et transports ferroviaires et l'amélioration de la balance commerciale entraînent une augmentation de la consommation d'énergie qui compense très largement la baisse des émissions de gaz à effet de serre. Cet effet est moindre dans les modèles multisectoriels d'inspiration néoclassique, qui négligent les effets d'entraînement sur la demande et le PIB de la redistribution des recettes, font généralement apparaître des gains de CO₂ beaucoup plus conséquents. Ici, ce résultat découle en grande partie des hypothèses retenues dans le modèle :

- l'industrie et l'agriculture sont très largement exonérées. Seuls les ménages et le secteur tertiaire sont réellement mis à contribution ;
- les élasticités de substitution entre énergie et autres facteurs de production, entre énergies, entre le transport ferroviaire et le transport routier sont supposées faibles et constantes durant toute la période de simulation, contrairement à ce qu'on trouve dans la littérature et qui prévoit plutôt une trajectoire croissante de ces valeurs (OECD, 2006) ;
- les sensibilités des parts de marchés des diverses classes de véhicules et du rendement énergétique du parc immobilier au coût du carbone ont été estimées de manière assez pessimiste ;
- le progrès technique en matière énergétique n'est pas modélisé et ne dépend donc pas de l'évolution du prix de l'énergie, ce qui devrait limiter la capacité d'adaptation des agents suite une taxe carbone ;
- le modèle ne prévoit pas encore de substitutions possibles entre l'énergie fossile et les énergies renouvelables. Cette lacune est préjudiciable puisque le contenu carbone du Kwh électrique¹⁰ reste stable dans notre simulation. Or la part des énergies renouvelables devrait augmenter sous l'effet de la hausse du prix des combustibles, ce qui devrait améliorer le bilan environnemental de la taxe carbone. En outre, il n'a pas encore été prévu de substitution possible entre les combustibles fossiles, la biomasse (bois énergie, agro-carburants, méthanisation) et la géothermie. Cette hypothèse réduit considérablement les résultats obtenus en termes de baisse d'émissions ;
- les besoins en chauffage et mobilité des ménages ne sont pas plafonnés puisque l'on suppose qu'ils dépendent positivement du revenu disponible. Ceci n'est pas satisfaisant : un examen sur données de panel montre que le nombre d'automobiles pour 1 000 habitants ne dépasse jamais 700 unités

10. Le contenu carbone du Kwh électrique est estimé par l'ADEME à 80gCO₂/Kwh en moyenne. Il est de 200gCO₂/Kwh pour les besoins de chauffage car il existe encore une dizaine de centrales au charbon qui produisent essentiellement en période de pointe pour les besoins du chauffage électrique. A titre de comparaison, le contenu carbone du gaz est égal à 206g/KWh et le contenu carbone du fioul domestique s'élève à 275gCO₂/Kwh.

même dans les pays les plus riches. Le nombre de kilomètres parcourus par les véhicules n'a jamais franchi la barre des 16 000 kilomètres, et l'on peut douter que les conducteurs aient envie de passer plus de 2 heures en moyenne par jours dans les transports. Il serait donc judicieux d'introduire de tels plafonds dans le modèle pour éviter que la hausse du revenu disponible des ménages n'entraîne une explosion de la consommation de carburant par tête et du nombre d'automobiles dans le parc. Il en va de même pour les besoins de chauffage. On peut supposer à court terme qu'une hausse du revenu incite les ménages défavorisés à augmenter la température intérieure de leur logement. Cependant cet effet devrait s'atténuer à mesure que le revenu moyen augmente puisque l'on considère que le confort thermique diminue lorsque la température excède 21°C. En l'état actuel du modèle, la hausse de l'activité économique engendre une hausse surestimée de la consommation de chauffage au regard de l'amélioration de l'efficacité énergétique du parc. L'introduction de plafonds réalistes de mobilité et de chauffage devrait donc considérablement améliorer les résultats de la future version du modèle en termes de baisse des émissions de CO₂.

4. Conclusion

Cette évaluation des effets économiques et environnementaux de l'introduction d'une fiscalité carbone en France à l'aide du modèle Three-ME conclut à une amélioration de la situation macro-économique dès les premières années de la réforme, que ce soient en termes de croissance, d'emploi et de déficit public, et à une baisse modérée des émissions de CO₂. De plus, la réforme enclenche un cercle vertueux qui s'amplifie au cours du temps. À long terme (au-delà de 2050), les mécanismes stabilisateurs du modèle font converger l'économie vers son sentier de référence et les effets positifs en termes de taux de croissance tendent progressivement à s'annuler. Cependant, les répercussions de la mesure sur les niveaux des variables socio-économiques et environnementales sont permanentes et l'intensité énergétique de l'économie (ratio de l'énergie fossile sur le PIB) est durablement moins élevée par rapport à 2012.

La baisse des émissions apparaît modeste mais cela provient en grande partie de nos hypothèses relatives à la réaction des agents économiques et à leur capacité d'adaptation face à une modification des prix relatifs. Ces dernières tendent à sous-estimer les bienfaits économiques et environnementaux d'une fiscalité carbone à long terme. Leur modification, en particulier l'inclusion de plafonds énergétiques conformes aux observations empiriques, ou d'un progrès technique en matière énergétique endogène, amplifierait très vraisemblablement l'impact environnemental positif à long terme. Il est toutefois intéressant de voir que, malgré ces hypothèses conservatrices, la mise en œuvre d'une taxe carbone peut avoir des effets bénéfiques sur l'économie française à court comme à long terme.

Références bibliographiques

- Al Amin Siwar, C., et A. Hamid, 2009, « Computable General Equilibrium Techniques for Carbon Tax Modeling » *American Journal of Environmental Sciences*, n° 5 (3).
- Baumol W.J. et W.E. Oates, 1988, « The Theory of Environmental Policy » *Cambridge University Press*, 2nd edition.
- Beaumais O. et P. Zagamé, 1993, « Economic Models for Analysing Environmental Problems » in Carraro et Siniscalco, *Ed.-Carbon Tax Adjustment in Europe- Kluwer Academic Publishers*.
- Beaumais O. et O. Godard, 1994, « Economie, croissance et environnement : De nouvelles stratégies pour de nouvelles relations » *Revue économique, hors série* « Perspectives et réflexions stratégiques à moyen terme ».
- Bentzen J., 2004, « Estimating the rebound effect in US manufacturing energy consumption », *Energy Economics*, n° 26 (1).
- Bernard A. et M. Veille, 1998, « GEMINI-E3, un modèle d'équilibre général national-international économique, énergétique et environnemental » *Économie et Prévision*, n° 136 (5).
- Bils M., 1987, « The Cyclical Behaviour of Marginal Cost and Price » *American Economic Review*, n°77.
- Bovenberg, A.L. et R.A. de Mooij, 1994, « Environmental Levies and Distortionary Taxation » *American Economic Review*, 84 (4).
- Bovenberg A.L. et L.H. Goulder, 1996, « Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analysis » *American Economic Review*, n° 86(4).

- Chiroleu-Assouline M. et M. Fodha, 2011, « Verdissement de la fiscalité : à qui profite le double dividende ? », *Revue de l'OFCE*, n° 116, pp. 409-432.
- CGP, 1993, « L'économie face à l'écologie » Commissariat Général du Plan, *Éditions La Découverte, La Documentation française*.
- Detemmerman V., E. Donni, P. Zagamé, 1993, « Increase on Energy Taxes as a way to Reduce CO2 Emissions : Problems and Mechanism », in Lesourd J.B., Percebois J. and Valette F., *Models for Energy Policy*, Chapman and Hill.
- Epaulard A., 2009, *Quels sont les impacts macroéconomiques de la mise en œuvre de la Contribution Climat-Énergie*, conférence d'experts sur la Contribution Climat-Énergie.
- Hourcade J.C., F. Ghersi et E. Combet, 2009, « taxe carbone, une mesure socialement régressive ? Vrais problèmes et faux débats » *Document de travail, CIREN*, n° 120.
- Lemiale L. et P. Zagamé, 1998, « Taxation de l'énergie, efficience énergétique et nouvelles technologies : les effets macroéconomiques pour six pays de l'Union européenne » in Schubert K. et Zagamé P., *L'environnement - Une nouvelle dimension de l'analyse économique*, Vuibert, Paris, 1998.
- Laurent É., J. Le Cacheux, 2010, « Taxe(s) carbone : et maintenant ? », *Lettre de l'OFCE*, n° 316, 5 février.
- Martins J. O. et S. Scarpetta, 2002, « Estimation du comportement cyclique des taux de marge : une note technique » *Revue économique de l'OCDE*, n° 34 (1).
- Ministère de l'économie de l'industrie et de l'emploi, 2010, *Rapport sur les prélèvements obligatoires et leur évolution*, Projet de loi de finances, Paris.
- OECD, 2006, *The Political Economy of Environmentally Related Taxes*, OECD, Paris.
- Pearce D.W., 1991, « the Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming » *The Economic Journal*, n° 101.
- Quinet A., 2008, « La valeur tutélaire du carbone », *La Documentation française*, Centre d'Analyse Stratégique.
- Reynès F., Y. Y. Tamsamani et G. Callonnec, 2011, « Presentation of Three-ME: Multi-sector Macroeconomic Model for the Evaluation of Environmental and Energy policy », *Document de travail OFCE 2011-10*.
- Rotemberg J. et M. Woodford, 1991, « Mark-ups and the Business Cycle » *NBER Macroeconomic Annual*, MIT press.
- Sorrell S., J. Dimitropoulos et M. Sommerville, 2009, « Empirical estimates of the direct rebound effect: A review » *Energy Policy*, n° 37 (4).
- Solow R. M., 1956, « A Contribution to the Theory of Economic-Growth », *Quarterly Journal of Economics* 70 (1), 65-94.

Shacklet R., M. Shelby, A. Cristofaro, R. Brinner, J. Yanchar, L. Goulder, D. Jorgenson, P. Wilcoxon, P. Pauly et R. Kaufmann, 1993, « The Efficiency Value of Carbon Tax Revenues », *Working Paper*, 12.8, Energy Modeling Forum, Stanford University.

Terkla D., 1984, « The Efficiency Value of Effluent Tax Revenues » *Journal of Environmental Economics and Management*, n° 99 (1).