

INFORMATION ET DÉBATS

UNE EVALUATION QUANTIFIÉE DE LA « TAXE CARBONE » FRANÇAISE

Stéphane GLORANT¹

Dénommée « contribution climat énergie », la taxe carbone a été introduite en France en 2014 pour tarifier les émissions de CO₂ d'origine énergétique non couvertes par le système d'échange de quotas européen. Sa montée en régime devrait s'accélérer, au-moins en ce qui concerne le taux, appelant une première évaluation de ses effets réels. C'est ce que cet Information & Débats propose, concentrant l'évaluation sur les secteurs les plus concernés. Evaluer l'impact de la taxe ne se résume pas à comparer les émissions avant et après son entrée en vigueur. Cela requiert de comparer les émissions observées sur la période à l'évolution d'un scénario « contrefactuel » représentant la trajectoire hypothétique qu'auraient suivie les émissions en son absence.

Dans la première partie, nous retraçons les éléments de contexte nécessaires pour comprendre comment le signal prix du carbone parvient aux acteurs économiques *via* les prix de l'énergie. L'évaluation des impacts de la taxe est ensuite effectuée dans la deuxième et troisième partie en suivant respectivement une approche *ex ante* et une approche *ex post*.

L'approche *ex ante* s'appuie sur le calcul d'élasticités au prix et à la taxe. Elle procède de manière indirecte en assimilant la taxe carbone à une hausse des prix des énergies fossiles, ce qui pose la question de la transmission de l'une à l'autre, mais présente l'avantage de ne pas nécessiter de recul temporel par rapport à la mise en place de la taxe. Les résultats suggèrent que la taxe carbone a induit une baisse des émissions du secteur des transports d'un montant compris entre 0,6 et 1,7 Mt de CO₂ en 2017. La taxation du fioul domestique aurait de son côté réduit les émissions liées au chauffage des bâtiments de 0,7 Mt de CO₂. Sur le périmètre des transports et du fioul domestique, la méthode conduit à prédire que la taxe devrait, d'ici la fin du quinquennat, induire une baisse d'émissions comprise entre 3 et 5,7 Mt de CO₂ par rapport à 2017. Ces différentes estimations sont *a minima* car il semblerait que les consommateurs réagissent davantage à une hausse de prix provoquée par une hausse des taxes qu'à une hausse de prix induite par une variation du cours des matières premières fossiles.

L'approche *ex post* s'appuie quant à elle sur la méthode du « contrôle synthétique » : elle consiste à reconstituer les émissions hypothétiques de la France à partir d'un groupe de pays comparables n'ayant pas introduit de taxe carbone durant la période. Elle produit une évaluation directe au sens où on estime bien l'impact de la taxe telle qu'elle a été mise en place. Appliquée à la France sur la période 2014-2017, elle ne permet pas de conclure de façon robuste à un impact de l'introduction de la taxe carbone sur les émissions du secteur du transport ou du chauffage des bâtiments sur la période. Ce résultat peut s'expliquer par le faible nombre d'observations postérieures à la mise en place de la taxe dont on dispose pour l'instant.

MOTS-CLÉS

Taxe carbone

Evaluation

Contrefactuel

¹ Chaire Economie du Climat

I. La taxe carbone en France : fondement théorique et mise en œuvre pratique 2

A. Les fondements théoriques de la taxe carbone	2
1. La taxe carbone, une taxe pigouvienne	2
2. Les trois piliers de la construction d'une taxe carbone	2
B. La solution française : une trajectoire du carbone ambitieuse au sein d'un dispositif complexe.....	4
1. Etat des lieux de la fiscalité énergétique française.....	4
2. La réforme de 2014 : l'introduction d'une composante carbone dans les TIC	5
C. La transmission du signal-prix aux consommateurs	7
1. L'impact sur les prix de la mise en place de la taxe carbone	7
2. Un signal-prix brouillé par la baisse du prix des matières premières	9

II. Une méthode d'évaluation *ex ante* via le calcul d'élasticités-prix..... 11

A. Les données utilisées	12
B. Incidence fiscale.....	12
C. Elasticité au prix TTC.....	13
1. Pour le carburant	14
2. Pour le fioul domestique	16
D. Elasticité à la taxe	17
1. Pour le carburant	18
2. Fioul domestique.....	19
E. Conclusions.....	19

III. Une méthode d'évaluation *ex post* : le « contrôle synthétique » 20

A. La méthode des différences de différences.....	20
B. La méthode du contrôle synthétique : principe et formalisation.....	21
C. Les principales étapes de la méthode.....	22
1. Choix de la variable d'intérêt et de la période de temps	22
2. Choix du groupe de contrôle.....	23
3. Choix des prédicteurs de la variable d'intérêt.....	23
D. Résultats.....	24
1. Sur le périmètre « Transport en voiture »	24
2. Sur le périmètre « ménages, secteur commercial et secteur institutionnel ».....	25
E. Interprétation.....	25

IV. Conclusion..... 26

ANNEXESErreur ! Signet non défini.

Annexe 1 : le rendement des TIC	28
Annexe 2 : les arguments juridiques motivant la décision du Conseil Constitutionnel en 2010 :	29
Annexe 3 : origine des données pour les méthodes économétriques	30
Annexe 4 : tables de résultats des estimations économétriques de l'évaluation <i>ex ante</i>	33
Annexe 5 : programme d'optimisation pour la méthode du contrôle synthétique	35
Annexe 6 : données utilisées pour la méthode du contrôle synthétique.....	36

I. La taxe carbone en France : fondement théorique et mise en œuvre pratique

A. Les fondements théoriques de la taxe carbone

1. La taxe carbone, une taxe pigouvienne

La taxe carbone est une taxe environnementale portant sur les émissions de dioxyde de carbone, principal gaz à effet de serre d'origine anthropique. Etant proportionnelle aux émissions de CO₂, cette taxe vise à inciter les acteurs à réduire leurs émissions et ainsi à limiter le changement climatique. Elle est prélevée lors de l'achat d'énergies fossiles.

Sur le plan théorique, cette taxe est une taxe pigouvienne. En effet, il s'agit de corriger une imperfection du marché en internalisant dans le prix des acteurs du secteur énergétique le coût des externalités négatives causées par le changement climatique. Ce dernier point est fondamental car il met en valeur la visée essentiellement comportementale et non budgétaire de cette taxe : cet impôt n'a pas pour but remplir les caisses de l'Etat. Au contraire, et de manière complètement inhabituelle dans le domaine de la fiscalité, la taxe carbone vise à réduire l'assiette sur laquelle elle est assise. Ainsi, en toute logique, si le rendement de cette taxe devenait nul, cela signifierait qu'elle aurait été un succès complet puisque l'objectif à long terme de la France est de viser la neutralité carbone.

Au plan pratique, l'introduction de la taxe carbone en 2014 n'a pas consisté à créer un nouvel impôt, mais à introduire dans le calcul des taxes existantes sur la consommation d'énergie (TIC) une « composante carbone », calculée au prorata des contenus en carbone des différentes énergies. Cette composante carbone est calculée par le service des Douanes mais n'est pas explicitée pour les acheteurs d'énergie qui règlent lors de leurs achats des TIC exprimées en euros par litre ou par kWh. Si l'ensemble des TIC sont répertoriées dans la catégorie des taxes environnementales dans les statistiques nationales ou internationales, car leur assiette est une grandeur physique liée à des dommages environnementaux, seule la composante carbone des TIC vise explicitement à corriger l'externalité « climat » et à réduire les émissions de CO₂ induites par la combustion de cette énergie.

2. Les trois piliers de la construction d'une taxe carbone

Trois principes de base doivent être réunis pour construire une taxe carbone pertinente d'un point de vue économique :

- L'assiette de la taxe doit couvrir l'ensemble des émissions de CO₂ résultant de l'usage des énergies fossiles. Cette assiette se calcule donc, énergie par énergie, uniquement en fonction des émissions de CO₂ induites par l'énergie en question. Toute exemption ou biais dans ce principe d'universalité de l'assiette carbone entraînera des distorsions éloignant de l'objectif de réduction des émissions au moindre coût.
- Le taux de la taxe est le prix de la tonne de CO₂ appliqué au contenu carbone de chaque combustible ou carburant utilisé. Pour fixer ce prix, les pouvoirs publics disposent d'indicateurs qui peuvent être soit la valeur estimée des dommages climatiques futures (coût social du carbone), soit des valeurs de référence calculées à partir d'une méthode coût-efficacité. En France, c'est cette deuxième méthode qui est utilisée, via le calcul de « valeurs tutélaires » du carbone périodiquement mises à jour¹. En pratique, l'important est de fixer une trajectoire de moyen terme de la taxe se rapprochant si possible de celles des valeurs tutélaires et potentiellement du coût social du carbone dont les estimations peuvent beaucoup fluctuer suivant les méthodes de calcul utilisées. Cette augmentation doit être progressive et prévisible afin de guider les investissements sur le long-terme et de laisser le temps aux différents acteurs économiques de s'adapter.
- L'utilisation du produit de la taxe carbone est le troisième paramètre clef de la tarification du carbone. Pour limiter l'impact négatif de la taxe carbone sur le plan macroéconomique, il est souhaitable de respecter la visée comportementale et non budgétaire de cette taxe. Ceci conduit la majorité des économistes à préconiser la mise en place d'une taxe carbone à recettes fiscales constantes, autrement dit en réduisant d'autres impôts existants à hauteur du

rendement budgétaire de la taxe carbone. Cette baisse d'impôts doit en priorité se concentrer sur les prélèvements obligatoires les plus distorsifs. Des études ont d'ailleurs montré que dans certaines circonstances, la mise en place d'une taxe carbone accompagnée d'une baisse équivalente des impôts les plus distorsifs pouvaient s'avérer positive sur le plan macroéconomique². Mais cette optique ne doit pas faire oublier le caractère anti-redistributif de la taxe carbone qui milite à court terme en faveur de reversement forfaitaire d'une partie du produit de la taxe aux ménages, afin de lutter contre la précarité énergétique. Cette possibilité permet de lutter contre les effets anti-redistributifs de la taxe mais ne se fait plus à recettes fiscales constantes.

Dans la réalité, l'introduction de la taxation du carbone répond à des contextes politiques dans lesquels les principes économiques s'appliquent de façon plus ou moins complète comme le montrent les deux expériences par ailleurs réussies d'introduction de la taxe carbone en Colombie-Britannique et en Suède.

Exemple 1 : La taxe carbone en Colombie-Britannique

Cette province a instauré en juillet 2008 une taxe carbone. Initialement à 10 euros par tonne de CO₂ équivalent, son montant a augmenté de 5 dollars par an pour atteindre 30 dollars en 2012³.

La taxe carbone de la Colombie Britannique a été conçue pour être neutre budgétairement : toutes les recettes de la taxe carbone doivent être redistribuées. Cette redistribution s'est effectuée via une baisse des impôts sur les revenus des ménages (baisse des deux premières tranches de l'impôt), via une baisse de l'impôt sur les sociétés et via un crédit d'impôt forfaitaire ciblant les ménages les moins aisés et les ménages ruraux. Chaque année, le ministre des finances doit publier un plan triennal pour décrire comment les recettes de la taxe carbone sont utilisées et ainsi assurer la neutralité budgétaire.

L'assiette de cette taxe est large et concerne toutes les émissions provenant de la combustion d'énergie fossiles. Cela représente 70 % des émissions de gaz à effet de serre de la province⁴. Les exemptions sont rares, même si elles sont un peu plus nombreuses depuis ces dernières années⁵.

Exemple 2 : la taxe carbone en Suède

La Suède a été l'un des premiers pays au monde à instaurer une taxe carbone. En 1991, dans le cadre d'une grande réforme fiscale, ce pays a ajouté deux nouveaux prélèvements sur l'énergie, par ailleurs déjà concernée par un droit d'accise (taxe énergétique). Ainsi, ont été instaurées une TVA et une taxe carbone. Initialement fixée à 27 euros, cette taxe carbone a ensuite progressivement été augmentée pour atteindre 108 euros en 2009 et près de 120 euros aujourd'hui. A l'heure actuelle, la taxe carbone suédoise est la plus élevée du monde. Cette montée en charge progressive de la taxe carbone a été accompagnée de baisses d'impôts et de cotisations sociales.

La taxe concerne toutes les énergies et initialement tous les acteurs économiques (ménages mais aussi entreprises et industries). Cependant, afin de préserver la compétitivité économique du pays, le taux est fortement réduit pour certaines industries. Au cours du temps, le différentiel entre le taux de droit commun et les taux minorés a ensuite décliné, mais les industriels soumis au système européen d'échange de quotas ont été exemptés.

B. La solution française : une trajectoire du carbone ambitieuse au sein d'un dispositif complexe

1. Etat des lieux de la fiscalité énergétique française

En France, la commercialisation de produits énergétiques fait l'objet de deux taxes : une accise (dont l'assiette est la quantité de produits vendus) et la TVA (dont l'assiette est la valeur des produits vendus, droits d'accise compris). Le régime de ces deux taxes est encadré par des directives européennes⁶ qui visent à harmoniser, partiellement, ces différentes taxes au niveau de l'Union.

Au plan national, les accises portant sur les produits énergétiques sont appelées « taxes intérieures sur la consommation » (TIC) et sont définies dans le code des douanes⁷. Pour chaque catégorie de produits énergétiques est définie une TIC au sein de laquelle, produit énergétique par produit énergétique, des montants de taxe par quantité d'énergie sont fixés. Ainsi, la taxe intérieure sur la consommation de produits énergétiques (TICPE) s'applique essentiellement aux carburants et combustibles pétroliers et assimilés, la taxe intérieure sur la consommation de gaz naturel (TICGN) au gaz naturel à usage combustible et la taxe intérieure sur la consommation de charbon (TICC) aux houilles, lignites et cokes.

A partir du prix HT, le prix TTC s'obtient à partir de la formule suivante :

$$\text{Prix TTC} = (\text{Prix HT} + \text{TIC}) * (1 + \text{TVA})$$

La TVA s'applique donc également sur les taxes intérieures de consommation. Cet élément est important : le taux de TVA étant aujourd'hui fixé à 20%, une hausse de 10 % des TIC représente en réalité une hausse de $10 * (1 + 20 \%) = 12 \%$ du prix TTC.

La modulation régionale de la TICPE

Dans le cadre de la décentralisation, a été introduite la possibilité de modulation régionale du taux de TICPE sur l'essence et le diesel, dans des limites fixées par la loi. A partir du 1^{er} janvier 2007, une première tranche de modulation a ainsi été mise en place : chaque région peut baisser, par rapport au montant inscrit en lois de finances, le taux de TICPE jusqu'à 1,77 €/hl pour les supercarburants et jusqu'à 1,15 €/hl pour le diesel. A partir du 1^{er} janvier 2010, une nouvelle tranche de modulation a été instaurée permettant aux régions d'augmenter les taux de TICPE, par rapport au montant inscrit en lois de finances, de 0,73 €/hl pour les supercarburants et 1,35 €/hl pour le diesel. Ainsi, le cumul des modulations possibles est de 2,5 €/hl pour les supercarburants et le gazole. Par ailleurs, depuis 2017, une majoration des tarifs a été instaurée en Ile de France : 1,02 €/hl pour les supercarburants et 1,89 €/hl pour le gazole. Enfin, des dispositions particulières concernent également la Corse et les DOM-COM.

Tableau 1 : tarifs 2018 des TIC pour les principales énergies, source : Code des douanes

Essence	Gazole	Fioul domestique	Gaz naturel
68,29 ⁸ euros / hl	59,40 ⁹ euros / hl	15,62 euros / hl	8,45 euros / MWh PCS

La TICC étant particulièrement anecdotique¹⁰, nous nous intéresserons essentiellement à la TICGN et à la TICPE, et plus particulièrement à l'essence, au gazole et au fioul domestique au sein de la TICPE.

2. La réforme de 2014 : l'introduction d'une composante carbone dans les TIC

Après deux tentatives, en 2000 puis en 2010, qui se sont toutes deux soldées par une censure du Conseil Constitutionnel, la taxe carbone a finalement été introduite en France en 2014. Ce contexte institutionnel et juridique très particulier n'est pas anodin car il explique en grande partie les choix qui ont été effectués lors de la mise en place de la taxe.

La réforme avortée de 2010

Le dispositif envisagé¹¹

Dans la lignée du Grenelle de l'environnement et des travaux de la Commission Rocard, le gouvernement avait décidé fin 2009 la création d'une taxe carbone dans le PLF 2010. Deux options avaient été alors discutées.

La première consistait à instituer **une taxe différentielle** sur la consommation des énergies fossiles, c'est-à-dire augmenter de manière différenciée en fonction des émissions de gaz à effet de serre des taxes déjà existantes (les TIC).

La seconde consistait à créer **une taxe additionnelle** sur la consommation des énergies fossiles et donc à bien séparer la composante carbone des autres éléments de fiscalité s'appliquant à ces produits. A l'époque, c'est la deuxième solution qui l'avait emportée car elle apportait la meilleure lisibilité en matière de signal prix. Pour la première année, le prix de la tonne de CO₂ était fixé à 17 euros.

Cette réforme s'accompagnait de la création d'un crédit d'impôt sur l'impôt sur le revenu afin de redistribuer vers les ménages une partie du produit de la taxe carbone. Par ailleurs, afin de ne pas nuire à la compétitivité de certains secteurs de l'économie française, plusieurs exonérations totales ou partielles avaient été prévues. La plus importante concernait les industries soumises au système européen d'échange des quotas, le raisonnement étant que ces entreprises étaient de fait déjà soumises à un signal prix-carbone.

La censure du Conseil Constitutionnel¹²

A la suite de la saisine du Conseil constitutionnel sur le projet de lois de finances, le Conseil constitutionnel a censuré l'ensemble des dispositions portant sur la taxe carbone. La principale raison de cette censure est la présence de trop nombreuses exonérations qui constitue, selon le Conseil, une rupture du principe d'égalité devant les charges publiques. L'exonération des entreprises soumises au marché de quotas ETS a notamment été pointée du doigt par le Conseil constitutionnel (voir annexe 2 pour plus de détails).

Les conséquences paradoxales de la décision du Conseil constitutionnel

In fine, le Conseil a censuré la taxe carbone parce que celle-ci ne concernait que 48 % des émissions de gaz à effet de serre du pays et qu'elle n'était donc pas suffisante pour répondre à l'objectif de lutte contre le changement climatique.

Cette décision a eu des conséquences paradoxales. Face aux difficultés juridiques, économiques et politiques qu'aurait impliquées l'extension de la taxe carbone aux entreprises soumises au marché ETS, le gouvernement a en effet ensuite abandonné cette taxe. Justifiée par l'objectif de lutte contre le changement climatique, la décision du Conseil constitutionnel a donc conduit à passer d'une situation où 48 % des émissions françaises auraient été taxées à une situation où... 0 % des émissions a été taxé.

Fin 2013, le gouvernement a donc décidé d'augmenter le montant des TIC. Dans le cadre de cette réforme, il a également été décidé d'introduire une composante pigouvienne dans les TIC en modulant, par énergie, les hausses en fonction de la quantité de CO₂ émise. Ainsi, les nouveaux tarifs ont été décomposés en deux parties : une part « énergie » (qui correspond à la TIC « classique ») et

une part « carbone » reposant sur un contenu carbone standardisé des produits énergétiques. Cette fois-ci la taxe carbone introduite est une taxe différentielle et non plus additionnelle (voir encadré précédent). La formule de calcul est la suivante :

$$= (Part \text{ "énergie" en année } N) + (Contenu \text{ carbone}) * (Tarif \text{ du carbone en année } N)$$

a. L'assiette de la taxe

Comme en Irlande où une taxe a été introduite en 2009, le choix retenu en France pour la taxe carbone a été de viser l'ensemble des émissions de CO₂ résultant de l'utilisation des énergies fossiles non couvertes par le système européen d'échange de quotas pour éviter une double tarification. La Suède où la taxe carbone préexistait à ce système a adopté ce même schéma avec l'exemption totale de la taxe carbone pour les installations industrielles soumises à ce système.

Si en théorie, les TIC devraient concerner l'ensemble des consommations d'énergie, de nombreuses exonérations existent et viennent réduire l'assiette de la taxe carbone. Les régimes dérogatoires portant sur les TIC et qui préexistaient à l'introduction de la composante carbone persistent. Ces régimes dérogatoires consistent en des exonérations, totales ou partielles, ou encore à des systèmes de remboursement. A titre d'exemple, les transporteurs routiers de marchandises (masse des véhicules supérieure à 7,5 tonnes) peuvent demander le remboursement de la fraction de la TICPE sur le gazole dépassant 43,19 euros¹³.

b. Le taux de la composante-carbone

Concrètement, la composante carbone des TIC est calculée à partir du contenu carbone du produit énergétique et du prix du carbone.

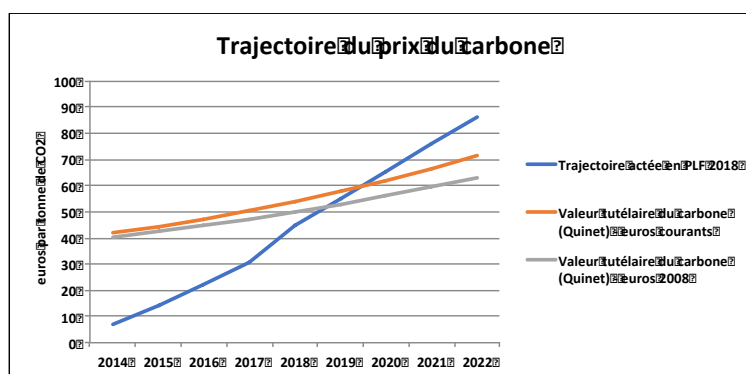
Pour le contenu carbone, les facteurs d'émissions utilisés correspondant uniquement à la combustion des produits énergétiques et n'incluent pas la partie « amont » (c'est-à-dire, la production de ces produits). Le tableau ci-dessous retrace les facteurs d'émissions pour les types d'énergie étudiés dans notre approche.

Tableau 2 : facteurs d'émissions utilisés pour le calcul de la composante carbone des TIC, source : Evaluation préalable des articles du projet de loi de finances pour 2018 pour essence et gazole ; estimation CEC pour le fioul domestique et le gaz naturel

Energie	Montant de la taxe	Unité
SP 95 et 98	0,2287	tCO ₂ /hl
Gazole routier	0,2651	tCO ₂ /hl
Fioul domestique	0,2651	tCO ₂ /hl
Gaz naturel	0,1817	tCO ₂ /MWh PCS

Le prix du carbone quant à lui avait été défini, à la mise en place de la réforme en 2014, comme suit : 7 euros la tonne en 2014, 14,5 euros en 2015 et 22 euros en 2016. Pour 2017, le prix a été fixé à 30,5 euros. L'article premier de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte prévoyait l'objectif de 56 € en 2020 et 100 € en 2030. Dans le cadre de la loi de finances pour 2018, cette trajectoire a été révisée : le prix du carbone est fixé à 44,60 € par tonne de carbone en 2018, 55 € en 2019, 65,40 € en 2020, 75,80 € en 2021 et 86,20 € en 2022. Le graphique ci-dessous retrace cette trajectoire de la taxe et la compare à celle de la « valeur tutélaire » du carbone calculée en 2009 par la Commission Quinet.

Figure 1 : trajectoire du prix du carbone de 2014 jusqu'en 2022, source : code des douanes et rapport Quinet, 2009



c. Une réforme parallèle: la convergence essence-diesel

Dans un objectif de lutte contre la pollution de l'air aux particules fines, une autre réforme s'est ajoutée à la mise en place de la taxe carbone. Cette dernière concerne la part « énergie » de la taxe carbone et vise la convergence de la fiscalité portant sur l'essence et le diesel. Ainsi, la part « énergie » du gazole et de l'essence sans plomb a évolué depuis 2014 et continuera d'évoluer jusqu'en 2021 afin de faire converger la fiscalité sur ces deux carburants.

C. La transmission du signal-prix aux consommateurs

1. L'impact sur les prix de la mise en place de la taxe carbone

En 2014, l'introduction d'une composante carbone à la TICPE était négligeable sur la facture énergétique des ménages. En effet, pour l'essence, le gazole et le fioul domestique, l'introduction de la taxe carbone avait été entièrement compensée par une baisse équivalente de la part « énergie » et le montant que représentait la TICGN était faible.

Ce n'est plus le cas aujourd'hui. Sur le périmètre « transport », la hausse de la composante carbone de la TICPE depuis 2014 s'élève à 7,5 centimes pour l'essence et 10 centimes pour le gazole (9 et 11,2 centimes TVA comprises) par litre de carburant. A la fin du quinquennat, la hausse de la composante carbone depuis 2014 représentera plus de 17 centimes pour l'essence et 21,2 pour le gazole (20,4 et 25,5 centimes avec la TVA). Par rapport au prix moyen de l'année 2013 et en considérant que l'intégralité de la hausse de la fiscalité est répercutée sur les consommateurs (cf II.B), l'introduction de la composante carbone représente une hausse de 5,8 % (respectivement 8%) du prix l'essence (respectivement gazole) entre 2013 et 2018. A la fin du quinquennat, ces pourcentages de hausse s'élèvent respectivement à 13,2 % et 18,2 %. Par ailleurs, ces chiffres ne prennent pas en compte la convergence essence-diesel. Comme on le voit sur le graphique de droite ci-dessous, cette mesure est loin d'être anodine pour le gazole puisque l'augmentation totale du prix par rapport à 2013 pourrait, en cumulant taxe carbone et convergence essence-diesel, s'élever à plus de 30 %.

Figure 2 : évolution de la TICPE sur l'essence en cumulé depuis 2014, source : calculs CEC à partir de « Evaluations préalables au PLF 2018 »

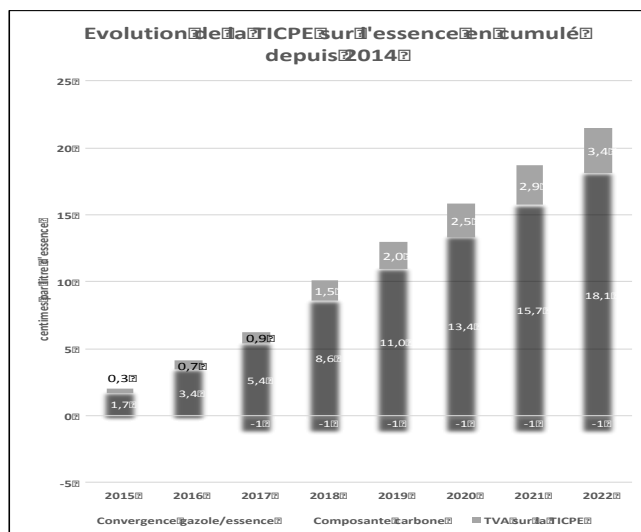
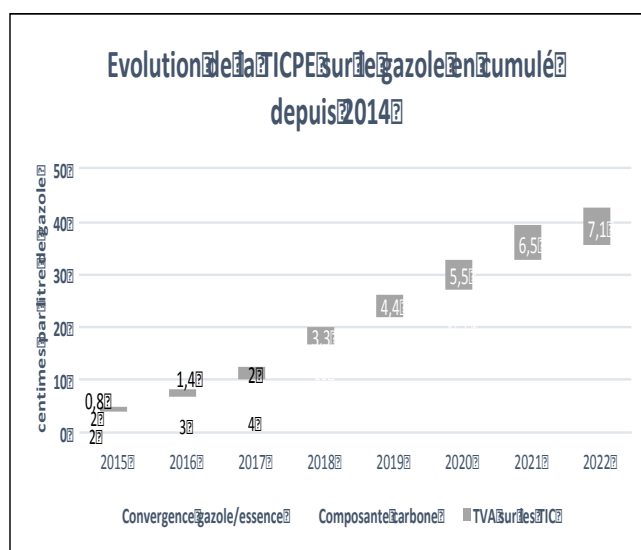


Figure 3 : évolution de la TICPE sur le gazole en cumulé depuis 2014, source : calculs CEC à partir de « Evaluations préalables au PLF 2018 »



Pour le périmètre « chauffage », nous considérerons une maison ancienne, mal isolée, de 120 m² et dont la consommation annuelle pour le chauffage est estimée à 25 000 kWh (en comptant les pertes liées au fonctionnement de la chaudière). Pour un ménage occupant une maison chauffée au gaz, le surcoût lié à cette réforme était d'environ 35 euros par an en 2014 ; de près de 210 euros par an en 2018 et devrait représenter près de 400 euros par an à la fin du quinquennat. Pour un ménage occupant une maison chauffée au fioul, le surcoût lié à cette réforme était nul en 2014, d'une cinquantaine d'euros en 2015, d'environ 240 euros par an en 2018 et devrait représenter près de 500 euros par an à la fin du quinquennat.

Figure 4 : évolution de la TICGN en cumulé depuis 2014, source : calculs CEC à partir de « Evaluations préalables au PLF 2018 »

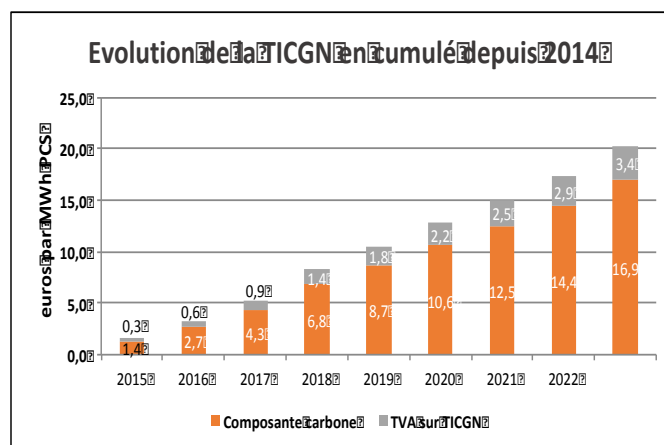
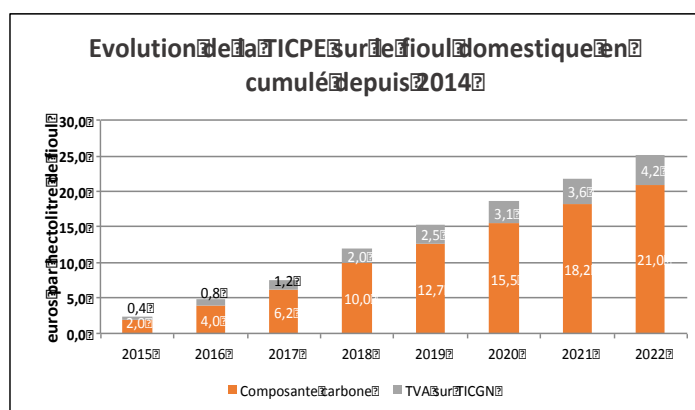


Figure 5 : évolution de la TICPE sur le fioul domestique depuis 2014, source : calculs CEC à partir de « Evaluations préalables au PLF 2018 »

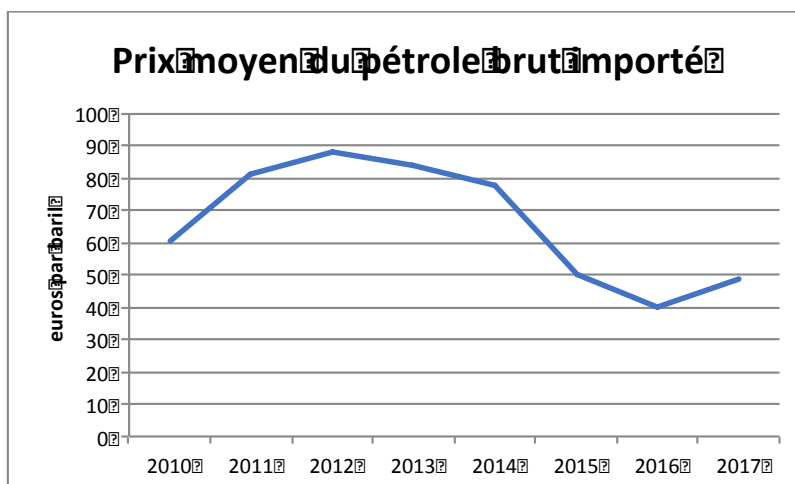


2. Un signal-prix brouillé par la baisse du prix des matières premières

En réalité, lors des premières années de mise en place de la réforme, les hausses attendues du prix de ces énergies n'ont pas eu lieu. En effet, de manière concomitante, le prix des matières premières sur les marchés mondiaux et notamment du pétrole a fortement baissé. Ainsi, entre 2014 et 2016, le prix du pétrole a baissé de près de 50 % passant d'environ 80 euros le baril à 40 euros. Ce phénomène a plus que compensé la hausse des TIC et *in fine*, la réforme est passée complètement inaperçue au niveau de la facture énergétique.

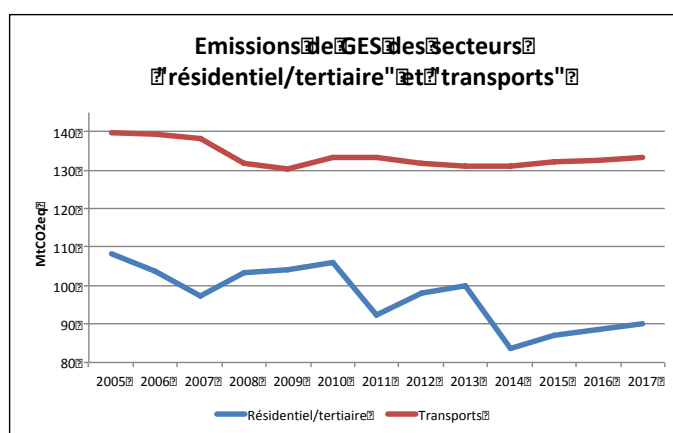
Dans le même temps, pour des raisons politiques, la communication gouvernementale a été initialement inexistante sur le sujet. On peut donc légitimement poser la question du réel impact environnemental de la taxe carbone : cette mesure, conçue comme un instrument privilégié de lutte contre le changement climatique, est-elle réellement efficace pour conduire à une diminution des gaz à effet de serre ?

Figure 6 : Evolution du prix du pétrole depuis 2010, source : OCDE



Répondre à cette question n'est pas chose aisée. En effet, à première vue, l'instrument est inefficace puisque les émissions dans les secteurs « résidentiel/tertiaire » et « transports » sont reparties à la hausse depuis 2014.

Figure 7 : évolutions des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports et du résidentiel/tertiaire, source : CITEPA, émissions totales ors UTCATF



Cependant, faire une simple différence entre les émissions après et avant la réforme n'est pas réellement pertinent. Il faudrait plutôt comparer la situation que l'on a effectivement observée, c'est-à-dire avec la mise en place de la réforme de 2014, avec la situation fictive où il n'y aurait pas eu de taxe carbone en France, situation que l'on ne peut évidemment pas observer. *In fine*, la construction du contrefactuel des émissions de gaz à effet de serre en France depuis 2014 est tout l'enjeu de cette étude.

II. Une méthode d'évaluation *ex ante* via le calcul d'élasticités-prix

Une première façon d'évaluer l'impact de la taxe carbone est d'évaluer les élasticités de la consommation d'énergie au prix. Par définition, cette dernière mesure la variation de la consommation induite par une variation du prix. Si on estime que les taxes sur les énergies sont intégralement supportées par les consommateurs, chaque augmentation de taxes se traduit par une hausse équivalente de prix. Grâce aux élasticités que l'on a calculées, on pourra alors en déduire, toute chose égale par ailleurs, la baisse de consommation des énergies induite par l'augmentation des TIC et donc les émissions de gaz à effet de serre évitées.

Le sujet des élasticités-prix des énergies est abondamment traité dans la littérature. De nombreuses méthodes ont déjà été explorées et un grand nombre d'estimations sont disponibles. Dahl et Sterner¹⁴ (1991) ont ainsi réalisé une méta-analyse des estimations d'élasticité réalisées pour des pays de l'OCDE et ont classifié les résultats obtenus en fonction de l'horizon de temps considéré (élasticité de court ou long terme) et des méthodes utilisées. Cet exercice a été récemment renouvelé par Labendeira, Labeaga et Xiral López-Otero¹⁵ (2016).

Dans le cadre cette étude, nous essaierons d'estimer de telles élasticités pour la France. Nous utiliserons pour cela des modèles simples basés sur des estimations par régressions linéaires avec ou sans variables instrumentales. Les modèles utilisés seront des modèles statiques (c'est-à-dire que toutes les données utilisées dans le modèle sont contemporaines). Selon Dahl et Sterner, les élasticités ainsi calculées seront des élasticités de court-terme si les données utilisées sont des données mensuelles et moyen-terme si les données utilisées sont des données annuelles.

Dans un second temps, nous irons plus loin dans l'analyse et investiguerons un domaine moins étudié, à savoir la différence de comportements des consommateurs face à une variation de prix en fonction de l'origine de cette variation de prix. Nous essaierons ainsi de valider ou d'infirmer l'hypothèse selon laquelle les consommateurs réagiraient davantage à une variation de taxe qu'à une variation équivalente du prix des matières premières ou de la marge du distributeur.

Dans le cas du carburant, plusieurs études ont dans certains cas permis de valider cette intuition. Ainsi, pour la Colombie-Britannique, Rivers et Schaufele¹⁶ (2012) estiment que la réaction des consommateurs à la taxe est 4,9 fois plus importante. Pour la Suède, Andersson¹⁷ (2017) trouve un ratio de 3 alors que Li, Linn et Muehlegger¹⁸ (2012) trouve pour les Etats-Unis un ratio de 8.

Plusieurs théories ont été proposées pour expliquer le phénomène :

- Li, Linn et Muehlegger (2012) expliquent que le changement de prix induit par une variation de taxe est plus visible pour les consommateurs car cette dernière est souvent l'objet de nombreux débats et fait donc l'objet d'une grande attention médiatique.
- Li, Linn et Muehlegger (2012) expliquent également que les consommateurs perçoivent les augmentations de taxe comme plus durables et moins volatiles que l'augmentation du prix du pétrole. Leurs décisions, et notamment les décisions de long-terme (achat véhicule, système de chauffage), sont ainsi davantage influencées.
- Congdon, Kling et Mullainathan¹⁹ (2009) étudient les « préférences non-standards » et introduisent l'idée que l'environnement peut être intégrée au sein la fonction d'utilité. Nicholas et Schaufele utilisent cette idée pour montrer que la taxe carbone peut éliminer les problèmes de *free-riding*. Prenons l'exemple de deux conducteurs : un conducteur conscient des enjeux environnementaux et un autre non. Supposons également que la route utilisée est congestionnée. Si le conducteur écologiste essaye de moins polluer, il libère de la place sur la route congestionnée ce qui peut inciter l'autre conducteur à davantage rouler. Les efforts du conducteur écologiste sont en partie ruinés par ce problème de *free-riding* ce qui peut l'inciter à réduire ses efforts. Avec une taxe carbone, le conducteur écologiste sait que quoiqu'il arrive, l'autre conducteur paiera les externalités environnementales qu'il cause et il ne réduira donc pas ses efforts.

Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons uniquement au carburant et au fioul domestique. Le cas du gaz naturel est à part et ne peut être étudié ici. En effet, la fixation de son prix a longtemps

été totalement réglementée et aujourd'hui encore près de 43 % de la consommation de gaz dans le secteur résidentiel se fait au tarif réglementé²⁰. La formule de calcul de ce tarif, particulièrement complexe, rend difficile l'étude de ses différentes composantes. Par ailleurs, avant 2014, les ménages n'étaient pas soumis à la TICGN. Le peu de données disponibles rend difficile l'étude de la réaction des consommateurs de gaz à la TICGN.

Après avoir brièvement présenté les données utilisées, la présentation du travail d'évaluation effectué sera organisée en 3 temps :

- premièrement, nous vérifierons l'hypothèse centrale portant sur l'incidence fiscale des TIC : une variation de taxe est-elle intégralement répercutée sur le prix TTC ?
- deuxièmement, nous calculerons les élasticités de la consommation au prix TTC et nous en déduirons le contrefactuel
- troisièmement, nous étudierons l'existence ou non d'une réaction différenciée des consommateurs face à une variation de taxe par rapport à une variation du prix des matières premières.

A. Les données utilisées

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons aux énergies suivantes : le carburant pour le transport de voitures particulières et des véhicules utilitaires légers (gazole, SP95, SP98, super carburant ARS²¹, l'essence ordinaire) et le gaz consommé par les ménages. Nous utiliserons des données de prix, de TIC, de TVA et de consommations pour chacune des énergies. Pour le fioul domestique, les consommations sont corrigées des variations climatiques. Pour le transport par voitures particulières et véhicules utilitaires légers, nous reconstruisons un prix synthétique « carburant » à partir d'une pondération, basée sur les consommations, des prix de chacun des combustibles. Comme on ne s'intéresse pas au transport routier de marchandises qui fait l'objet d'une exonération partielle de TICPE, on retire de la consommation de gazole, le volume consommé par les poids-lourds. Des variables supplémentaires sont également utilisées : le prix moyen du pétrole importé, l'indice des prix à la consommation, le revenu disponible brut des ménages, la part de logements chauffés au gaz, le taux de chômage.

Nous travaillons à la fois sur des données mensuelles et annuelles. Pour les données mensuelles, la période de temps retenue va de septembre 2002 à mars 2018 pour le fioul domestique et le carburant. Des données étaient disponibles à partir de janvier 2000 mais il a été décidé d'exclure de l'échantillon la période où été mise en œuvre la TIPP flottante. Pour les données annuelles, la période de temps retenu va de 1980 à 2017 pour le carburant ; 1983-2017 pour le fioul domestique. Ces choix ont été guidés par la disponibilité des données. Le détail des sources de données et de leur traitement se trouve en annexe 3.

B. Incidence fiscale

Avant de s'intéresser aux calculs d'élasticité, il convient de vérifier l'hypothèse centrale portant sur l'incidence fiscale des TIC. Des arguments théoriques permettent d'appuyer l'hypothèse selon laquelle les TIC reposent intégralement sur les consommateurs. En effet, on peut légitimement penser, qu'étant donné la structure du marché, le pouvoir de marché est davantage du côté des producteurs que des consommateurs. Cette hypothèse peut également être vérifiée par des tests économétriques. Le modèle utilisé dans cette partie est le suivant :

$$\Delta p_t^{Hors\ TVA} = \alpha + \beta \Delta Oil_t + \gamma \Delta TICPE_t^{Hors\ TVA} + \varepsilon_t$$

où t est la période de temps considérée, $p_t^{Hors\ TVA}$ est le prix hors TVA de l'énergie considérée, Oil_t est le prix moyen du pétrole brut importé et $TICPE_t^{Hors\ TVA}$ est le montant de la TICPE hors TVA.

Tous les montants sont exprimés en prix nominal. Δ est l'opérateur différence. Lorsqu'on utilise des données mensuelles, des indicatrices pour les différents mois de l'année sont ajoutées afin de tenir compte de l'éventuelle saisonnalité des données.

Si, conformément à l'intuition, toute augmentation ou baisse de TICPE est répercutée sur les prix, le coefficient γ devrait être proche de 1.

Avec les données mensuelles (N=187) et après avoir préalablement désaisonnalisé les données, on obtient les résultats suivants :

- 1,02 pour le carburant (intervalle de confiance à 95 % de [0,19 ; 1,85])
- 1,10 pour le fioul domestique (intervalle de confiance à 95 % de [0,38 ; 1,83])

Avec les données annuelles (N=37 pour le carburant, 34 pour le fioul domestique), on obtient les résultats suivants :

- 1,03 pour le carburant (intervalle de confiance à 95 % de [0,73 ; 1,33])
- 1,40 pour le fioul domestique (intervalle de confiance à 95 % de [0,73 ; 2,07])

Que ce soit avec les données mensuelles ou annuelles, le calcul de l'écart-type se fait avec l'estimateur de Newey-West, robuste à l'hétéroscédasticité et à l'autocorrélation des résidus. Conformément à l'intuition, les coefficients obtenus ne sont pas statistiquement différents de 1. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse selon laquelle les changements de TICPE sont intégralement répercutés sur les consommateurs.

C. Elasticité au prix TTC

Nous cherchons désormais à évaluer l'élasticité au prix TTC de la consommation des différentes énergies. Pour cela, on utilisera deux types de modèle.

Le modèle (1) raisonne en niveau :

$$\log(C_t) = \alpha + \beta \log(p_t^{TTC}) + \gamma \log(X_t) + \delta \tau_t + \varepsilon_t$$

où C_t est la consommation par habitant à l'instant t , p_t^{TTC} est le prix TTC déflaté par l'indice des prix à la consommation, τ_t est une tendance temporelle et X_t est un vecteur comprenant plusieurs variables de contrôle (selon l'énergie considérée : revenu disponible brut par habitant, taux de chômage, part de logements chauffés au fioul). Pour les données mensuelles, des indicatrices de mois sont ajoutées afin de tenir compte de la saisonnalité.

Le modèle (2) raisonne en variation :

$$\Delta \log(C_t) = \alpha + \beta \Delta \log(p_t^{TTC}) + \gamma \Delta \log(X_t) + \varepsilon_t$$

En règle générale, le modèle (1) sera privilégié. Cependant, ce deuxième modèle permet d'effectuer des tests de robustesse et il sera également utile lorsque les variables en niveau ne sont pas stationnaires ou lorsque les résidus sont auto-corrélés.

Notre paramètre d'intérêt est le coefficient β : il correspond exactement à l'élasticité de la consommation d'énergie au prix TTC. Pour chaque énergie, les estimations ont été effectuées en suivant la méthodologie suivante:

- test de la présence ou non de racines unitaires dans les variables afin d'éviter les régressions fallacieuses

- réalisation de régressions linéaires simples (MCO) en rajoutant progressivement des variables de contrôle²²
- réalisation de régressions linéaires avec variables instrumentales (VI)

Les résultats des régressions linéaires peuvent en effet être biaisés du fait de variables omises ou encore du fait de l'endogénéité du prix de l'énergie : si le prix de l'énergie influe sur la consommation, l'inverse peut également être théoriquement vrai.

Cependant, la France est un petit pays et les différents marchés de l'énergie sont des marchés mondiaux. On peut donc légitimement penser que l'impact de la demande française en énergie sur les prix mondiaux est négligeable. Malgré tout, un problème subsiste puisque les fournisseurs d'énergie en France peuvent ajuster leur marge en réponse à des variations de la demande sur le marché français.

On choisira donc comme instrument pour le prix TTC de l'énergie le prix du pétrole brut importé. Ce dernier vérifie la condition de pertinence puisque le prix du pétrole est une partie intégrante du prix TTC de chacune des énergies. Il vérifie également la condition de validité car on peut légitimement supposer que le prix du pétrole est exogène à la consommation d'énergie en France. Rivers et Schaufele (2012), Andersson (2017) ou encore Li, Linn et Muehlegger (2012) ont dans un contexte similaire utilisé le même instrument.

Plusieurs tests seront réalisés lors des régressions VI :

- on calcule une F-statistique pour s'assurer de la présence d'une forte corrélation entre l'instrument et la variable problématique (condition de pertinence)
- on calcule le test de Wu-Hausman : ce test permet de savoir si effectuer une régression VI apporte de l'information supplémentaire ou pas par rapport à une régression MCO. L'hypothèse nulle est que l'estimation MCO et l'estimation VI sont toutes deux convergentes mais que l'estimation VI est moins efficace. Un rejet de l'hypothèse nulle implique que seul l'estimation VI est convergente. Un non-rejet implique que l'estimation MCO est plus efficace que l'estimation par variable instrumentale.

1. Pour le carburant

a. Données mensuelles

Pour le modèle (1) sont présentés en annexe 4 les résultats des deux simulations : une régression MCO (table 1) et une régression VI (table 2) avec les mêmes variables de contrôle (PIB par habitant et taux de chômage). D'autres simulations ont été effectuées : sans variable de contrôle, avec une seule variable de contrôle ou encore en remplaçant le PIB par habitant par le revenu disponible brut. Les résultats obtenus sont similaires. Nous obtenons une élasticité légèrement inférieure à -0,10. Notre estimation préférée est l'estimation VI présentée en table 2. Le signe de l'élasticité au prix et le signe de l'élasticité au PIB par habitant sont cohérents. Celui de l'élasticité au taux de chômage ne l'est pas mais le coefficient n'est pas significativement non nul. On préférera l'estimation VI à l'estimation MCO correspondante car la p-valeur du test de Wu-Hausman est assez faible (rejet de l'hypothèse nulle à 10 %).

Pour le modèle (2), la valeur obtenue est plus importante : -0,48 avec la régression MCO (table 3) et -0,25 avec la régression VI (table 4). La faible p-valeur du test de Wu-Hausman dans la table 4 nous incite à rejeter l'hypothèse nulle et à préférer l'estimation VI à l'estimation MCO.

Dans cette dernière estimation, l'écart-type de l'élasticité-prix estimée est important. On peut donc émettre quelques réserves quant à sa significativité.

In fine, on ne retiendra que les valeurs obtenues avec le modèle (1).

b. Données annuelles

Pour le modèle (1), les estimations MCO sont présentées en annexe 4 (table 5 à 8). On constate que la valeur de l'élasticité estimée varie entre -0,30 et -0,40 sauf pour la table 8. Pour cette dernière, la valeur est de -0,24. On constate également que, pour la table 8, le signe de l'élasticité au taux de chômage n'est pas cohérent puisqu'il est positif (notons cependant que l'écart-type est important).

Deux régressions VI sont également présentées en table 9 et 10. La table 9 présente la régression VI effectuée avec les mêmes variables que la table 7 : les résultats obtenus sont très proches. Par ailleurs, le résultat du test de Wu-Hausman montre que la régression VI n'apporte rien par rapport à la régression MCO. Ce n'est pas le cas avec la table 10 qui présente la régression VI avec les mêmes variables que la table 8. L'élasticité estimée est plus importante : -0,27. Par ailleurs, le test de Wu-Hausman (rejet de l'hypothèse nulle à 10 %) nous incite à préférer la régression VI.

Pour le modèle (2), nous ne présentons pas les résultats en annexe mais toutes les simulations réalisées (MCO et VI en faisant varier les variables d'intérêt) donnent une élasticité égale à ou très proche de -0,10. Le coefficient de détermination R^2 est cependant relativement faible par rapport aux estimations réalisées dans le cadre du modèle 1.

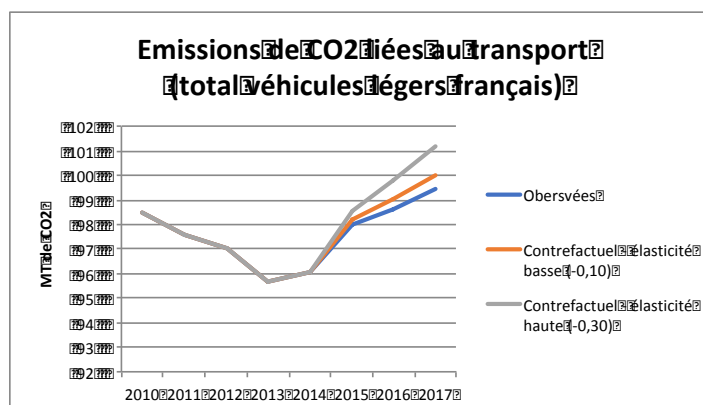
c. Récapitulatif

In fine, on retiendra ici le modèle 1 qui semble plus robuste. Ainsi, on retiendra une valeur de -0,10 pour les données mensuelles et une valeur de -0,30 pour les données annuelles. Cette différence entre élasticité annuelle et mensuelle peut aisément s'expliquer : l'ajustement de la consommation au prix est plus prononcé avec des données dont la périodicité est plus longue. A titre de comparaison, Andersson (2017) trouve avec une méthode similaire et des données annuelles une élasticité au prix de -0,51 pour la Suède. La méta-analyse de Dahl et Sterner (1991) fournit une valeur de -0,53 avec des données annuelles et -0,29 avec des données mensuelles. Dans une méta-analyse plus récente, Labandeira, Labaega et Xiral López-Otero (2016) trouvent pour les carburants une élasticité de court-terme de -0,249 pour l'essence (-0,213 pour le gazole) et une élasticité de long-terme de -0,720 pour l'essence (-0,620 pour le gazole). Les valeurs trouvées pour la France seraient donc un peu basses par rapport à ces estimations ce qui tendrait à produire un effet limité de la taxe carbone.

d. Impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre

Sans la réforme de 2014, les prix de l'essence et du gazole auraient été plus faibles. Grâce aux élasticités que l'on vient de calculer et aux données de prix et de consommation que l'on possède sur ces dernières années, on peut reconstituer le contrefactuel pour les consommations et pour les émissions de gaz à effet de serre²³. En 2017, sans la réforme, la France aurait ainsi émis entre 0,6 et 1,7 MtCO₂ de plus, soit entre 0,6 et 1,7 % de plus. A la fin du quinquennat, si la trajectoire du prix du carbone est respectée, toute chose égale par ailleurs (notamment en considérant que la population et que le prix hors TICPE ne varient pas par rapport à 2017), la taxe carbone permettrait d'économiser sur une année entre 1,3 et 4 MtCO₂ par rapport à 2017.

Figure 8 : émissions de CO₂ liées au transport par véhicules légers en France (trajectoire observée et contrefactuels), source : calculs CEC



2. Pour le fioul domestique

a. Données mensuelles

Pour le modèle (1), les simulations MCO et VI sont similaires, avec ou sans variables de contrôle. On trouve à chaque fois une élasticité faible (de l'ordre de -0,03 à -0,07) mais ce résultat n'est pas statistiquement significatif. Par ailleurs, aucun coefficient des variables de contrôle n'est significatif.

Pour le modèle (2), on présente le résultat de deux estimations (table 11 et 12) : une régression MCO et une régression VI avec comme variables de contrôle, le taux de chômage, le PIB par habitant et le part des logements chauffés au fioul. Dans les deux cas, les coefficients associés aux variables de contrôle ne sont pas significatifs. L'élasticité-prix est quant à elle significative dans les deux régressions : elle est estimée à -0,67 avec la régression MCO et -0,52 avec la régression VI. Les coefficients de détermination R^2 sont équivalents (autour de 0,47). Le non-rejet de l'hypothèse nulle pour le test de Wu-Hausman nous invite à privilégier la régression MCO.

b. Données annuelles

Avec le modèle (1), les estimations MCO et VI, réalisées avec les mêmes variables de contrôle que précédemment, sont présentées en table 13 et 14.

Cette fois-ci les élasticité au prix TTC sont significatives et égales dans les deux cas à -0,13. Parmi les variables de contrôle, seule la part des logements chauffés au fioul est significative avec un signe cohérent avec l'intuition. Le coefficient de détermination est très important (autour de 0,97) dans les deux cas. Le test de Wu-Hausman montre que la régression VI n'apporte aucune information supplémentaire par rapport à la régression MCO. D'autres estimations, non présentées en annexe, où n'ont été gardées que les variables significatives (part de logement chauffée au fioul et prix TTC), donnent une élasticité située autour de -0,20 avec un coefficient de détermination quasi-inchangé. Pour la suite, nous considérerons que cette dernière estimation est la plus robuste.

Avec le modèle (2), aucun résultat n'est significatif et le coefficient de détermination est extrêmement mauvais. Comme pour le carburant, le modèle (2) est donc moins pertinent avec les données annuelles. Une explication à ce résultat réside peut-être dans le fait que lorsque la période de temps considérée est l'année, les ménages réagissent davantage aux prix contemporains qu'aux variations de prix par rapport à l'année précédente.

c. Récapitulatif

In fine, avec les données mensuelles, nous serions incités à choisir la valeur de -0,67 pour l'élasticité au prix TTC et avec les données annuelles, la valeur à privilégier serait de -0,20.

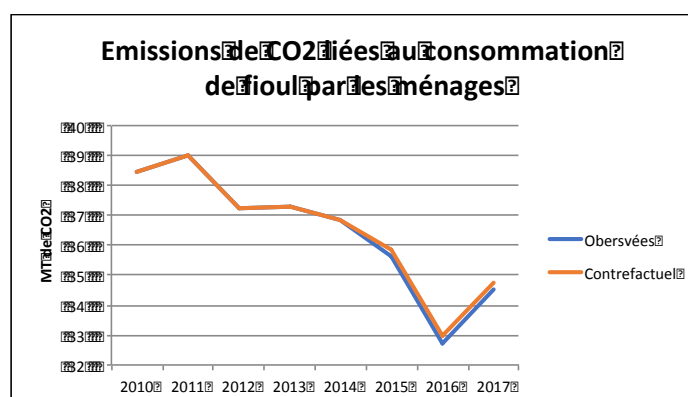
Ce résultat peut paraître étrange car l'élasticité calculée avec les données annuelles est plus petite que celles calculées avec les données mensuelles. Une explication réside peut-être dans le fait que le résultat avec les données mensuelles provient du modèle en variation : on estime ainsi la variation de consommation consécutive à une variation de prix, réaction qui avec des données mensuelles peut être immédiatement forte mais n'être que très temporaire.

En comparant avec les résultats de la méta-analyse de Labendeira, Labaega et Xiral López-Otero (2016) qui trouvent pour le fioul domestique une élasticité de court-terme de -0,242 et une élasticité de long-terme de -0,747 et étant donné le meilleur coefficient de détermination obtenu avec les données annuelles, nous choisirons la valeur de -0,20 pour le reste de l'étude.

d. Impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre

Comme dans le cas du carburant, nous évaluons l'impact de la mise en place de la taxe carbone sur les émissions de gaz à effet de serre.

Figure 9 : émissions de CO₂ liées à la consommation de fioul par les ménages (trajectoire observée et contrefactuels), source : calculs CEC



En 2017, sans la réforme, la France aurait ainsi émis 0,7 MtCO₂ de plus, soit près de 2 % de plus. A la fin du quinquennat, si la trajectoire du prix carbone est respectée, toute chose égale par ailleurs (notamment en considérant que la population, que la part des logements chauffés au fioul et que le prix hors TICPE ne varieront pas par rapport à 2017), la taxe carbone permettrait d'économiser sur une année près de 1,7 MtCO₂ par rapport à 2017 (soit une baisse de 5 % par rapport à 2017).

D. **Elasticité à la taxe**

Nous nous inspirons ici de la méthode suivie par Rivers et Schaufele (2012) et Andersson (2017) pour déterminer si oui ou non les consommateurs réagissent plus fortement à une variation de taxes qu'à une variation équivalente du prix des matières premières ou de la marge du distributeur.

Le prix TTC est décomposé en deux parties : une composante hors TIC à laquelle on applique la TVA et une composante TIC à laquelle on applique également le taux de TVA :

$$\text{Prix TTC} = \text{Prix HT} * (1 + \text{TVA}) + \text{TIC} * (1 + \text{TVA})$$

Comme précédemment, on effectuera les estimations avec deux modèles : un en niveau et un en variation. Cependant, nous privilégierons cette fois-ci des modèles log-linéaires et nous exprimerons les prix en centimes d'euros par litre. Ce type de spécification permet en effet d'obtenir des semi-élasticités dont l'interprétation est plus aisée et surtout de tester la séparabilité des composantes du prix TTC.

Le modèle en niveau est le suivant :

$$\log(C_t) = \alpha + \beta_1 p_t^{HT+TVA} + \beta_2 p_t^{TIC+TVA} + \gamma X_t + \delta \tau_t + \varepsilon_t$$

et en variation :

$$\Delta \log(C_t) = \alpha + \beta_1 \Delta p_t^{HT+TVA} + \beta_2 \Delta p_t^{TIC+TVA} + \gamma \Delta X_t + \varepsilon_t$$

L'interprétation des coefficients β est la suivante : si le prix varie de Δp centimes, la consommation connaîtra une variation de $100\beta\Delta p$ pourcents²⁴. On peut ainsi réellement comparer la réaction des consommateurs à une même variation de prix ayant une cause différente : variation du prix des matières premières ou variation de la taxe. Nous procédons de la même manière que pour l'évaluation de l'élasticité au prix TTC : vérification de la stationnarité des variables ; régression MCO avec ou sans variables de contrôle ; régression VI.

1. Pour le carburant

Avec les données mensuelles, nous n'utilisons ici que le modèle (2). En effet, la variable « TICPE, TVA incluse » n'est pas stationnaire lorsqu'elle est prise en niveau. Avec comme variables de contrôle le taux de chômage et le revenu disponible brut par habitant (tables 15 et 16), on obtient avec la régression MCO (respectivement la régression VI) une semi-élasticité au prix hors TICPE de -0,0038 (resp. -0,0026) et une semi-élasticité à la TICPE de -0,0279 (resp. -0,0259). Du fait du non-rejet de l'hypothèse nulle du test de Wu-Hausman, notre estimation préférée est celle réalisée avec la régression MCO.

Ainsi, une augmentation de 1 centime de la TICPE (TVA incluse) provoquerait une baisse de la consommation de 2,7 %, soit près de 7 fois plus qu'une augmentation du prix des matières premières (TVA incluse). Les intervalles de confiance à 95 % sont [-0,0061 ; -0,0016] pour la semi-élasticité au prix hors TICPE et [-0,0423 ; -0,0136] pour la semi-élasticité à la TICPE. Le ratio entre les deux semi-élasticités est à utiliser avec précaution car l'écart-type pour la semi-élasticité à la TICPE est important. Par ailleurs, la semi-élasticité à la TICPE semble très élevée et ne saurait être raisonnablement admise : par exemple, cela signifierait qu'une hausse de TICPE de 10 centimes, à peu près ce qui s'est produit entre 2014 et 2017, conduirait à une réduction de la consommation de 27 % ce qui ne semble pas crédible. Comme précédemment lors du calcul de l'élasticité de la consommation de fioul au prix TTC, le fait de travailler avec un modèle en variation conduit certainement à une surestimation de la réaction des consommateurs. Cependant, le fait que les intervalles de confiance ne se chevauchent pas est un élément intéressant : il nous permet en effet d'affirmer que les consommateurs réagissent plus fortement à une hausse de la TICPE qu'à une hausse équivalente du prix des matières premières ou de la marge du producteur.

Avec les données annuelles, que ce soit avec le modèle (1) ou le modèle (2), on ne trouve pas de résultats significatifs et robustes ou alors lorsqu'ils sont significatifs, les intervalles de confiance se chevauchent.

Pour la Colombie-Britannique, Rivers et Schaufele trouve des résultats similaires. Les auteurs utilisent également des données mensuelles et annuelles : avec les données annuelles, ils trouvent aussi que les intervalles de confiance se chevauchent mais pas avec les données mensuelles. Avec ces dernières, ils estiment que la réaction des consommateurs à la taxe est 4,9 fois plus importante. Pour la Suède, Andersson trouve que la semi-élasticité à la taxe est 3 fois plus importante. Enfin, Li, Linn et Muehlegger (2012) trouvent eux un ratio de 8,1.

2. Fioul domestique

Comme avec le carburant, nous n'utilisons avec les données mensuelles que le modèle (2). En effet, la variable « TICPE, TVA incluse » n'est pas stationnaire lorsqu'elle est prise en niveau. Avec comme variables de contrôle le taux de chômage et le revenu disponible brut par habitant (tables 17 et 18), on obtient avec la régression MCO (respectivement la régression VI) une semi-élasticité au prix hors TICPE de -0,0087 (resp. -0,0082) et une élasticité à la TICPE de -0,0706 (resp. -0,0705). Du fait du non-rejet de l'hypothèse nulle du test de Wu-Hausman, notre estimation préférée sera celle réalisée avec la régression MCO. Ainsi, une augmentation de 1 centime de la TICPE (TVA incluse) provoquerait une baisse de la consommation de 7 %, soit près de 8 fois plus qu'une augmentation du prix des matières premières (TVA incluse). Ce chiffre est ici aussi à manier avec précaution car l'intervalle de confiance pour la semi-élasticité à la TICPE est grand et les valeurs des semi-élasticités semblent beaucoup trop importantes. Cependant, ici aussi, il est important de souligner que les intervalles de confiance des deux semi-élasticités ne se chevauchent pas : [-0,0152;-0,0021] pour la semi-élasticité au prix hors TICPE et [-0,1232;-0,0180] pour la semi-élasticité à la TICPE. On peut donc affirmer que ces dernières sont statistiquement différentes.

Avec les données annuelles, le modèle (1) donne, avec les mêmes variables de contrôle que précédemment, une valeur de -0,0020 pour la semi-élasticité au prix hors TICPE et une valeur de -0,012 pour la semi-élasticité à la TICPE. On retrouve le même ratio que précédemment mais les valeurs des semi-élasticités sont plus faibles ce qui les rend plus crédibles. Par ailleurs, les intervalles de confiance se chevauchent ne permettant pas d'affirmer que les deux semi-élasticités sont statistiquement différentes. Avec le modèle (2), aucun résultat n'est significatif et le coefficient de détermination est extrêmement mauvais.

E. Conclusions

Plusieurs éléments sont à retenir de cette évaluation économétrique :

- le calcul des élasticités au prix TTC permet de reconstituer le contrefactuel jusque fin 2017 et ainsi d'évaluer l'impact de la mise en place de la taxe carbone : sur le périmètre « chauffage au fioul » et « transports » des ménages, l'économie serait comprise en 2017 entre 1,3 et 2,4 MtCO₂.
- les consommateurs semblent davantage réagir à une hausse de TICPE qu'à une hausse équivalente du prix des matières premières. Comme expliqué précédemment, la trop grande incertitude sur les valeurs obtenues pour les semi-élasticités à la taxe ne permet raisonnablement pas de les utiliser pour calculer les émissions évitées. Cependant, on peut tout de même affirmer que l'estimation présentée ci-dessous est une estimation a minima.

Figure 10 : récapitulatif des résultats de l'étude réalisée à partir des calculs d'élasticités (les pourcentages sont par rapport aux émissions du secteur considéré : transport ou chauffage au fioul des bâtiments), source : calculs CEC

	Elasticité au prix TTC	Emissions évitées en 2017 (par rapport au contrefactuel)	Prévisions : réduction des émissions en 2022 par rapport à 2017
Carburant	-0,30 à -0,10	0,6 à 1,7 MtCO ₂ (entre 0,6 et 1,7 %)	1,3 à 4 MtCO ₂ (entre 1,3 et 4 %)
Fioul domestique	-0,20	0,7 MtCO ₂ (2 %)	1,7 MtCO ₂ (5%)

La réaction plus forte des consommateurs à une variation de taxe qu'à une variation équivalente d'une autre composante du prix est un élément important. Il légitime en effet la taxe carbone comme un instrument efficace pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Il implique deux principales conséquences. En premier lieu, pour éviter de mauvaises surprises budgétaires, le calcul du rendement des taxes doit tenir compte de cette réaction plus forte à la taxe qu'à une variation « classique » de prix. En second lieu, l'importance d'avoir un signal-prix clair et lisible est renforcée. Pour cela, la composante carbone doit être plus visible et la trajectoire du prix du carbone sur le long terme doit être crédible.

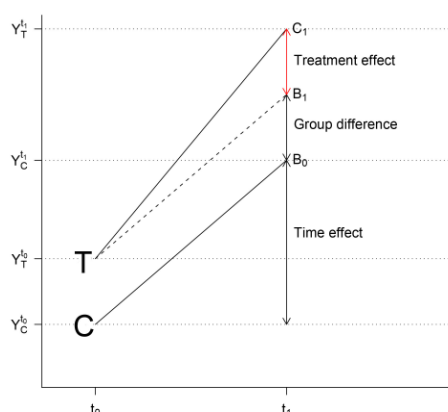
III. Une méthode d'évaluation *ex post* : le « contrôle synthétique »

Dans cette partie, nous présentons une deuxième méthode d'estimation des effets de la taxe carbone. Cette dernière s'apparente à une évaluation *ex post* et a pour but d'utiliser des données empiriques pour déterminer l'impact de la taxe carbone en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

A. La méthode des différences de différences

La méthode des différences de différences est classiquement utilisée pour évaluer l'effet d'un « traitement », par une politique publique. Il s'agit de comparer l'évolution de la variable d'intérêt (ici, les émissions de gaz à effet de serre issues de la combustion d'énergie) avant et après la mise en place du traitement (ici, la taxe carbone) dans deux groupes différents : le groupe qui a subi le traitement et un groupe de contrôle. L'effet du traitement est alors la différence des évolutions constatées dans les deux groupes. Dans ce type de méthode, on utilise donc le groupe de contrôle pour élaborer le contrefactuel (cf graphique). Cette méthode repose cependant sur une hypothèse centrale : les deux groupes auraient, sans la mise en place du traitement, connu exactement la même évolution (hypothèse souvent désignée par « common trend assumption »). Le choix du groupe de contrôle est donc primordial. Cependant, vérifier cette hypothèse par des observations est par construction impossible. Il est donc nécessaire de s'appuyer sur des arguments économiques ou sur le bon sens pour la valider ou l'infirmer.

Figure 11 : principe de la méthode des différences de différences



Dans notre étude, le groupe de traitement est constitué d'un seul élément : la France. Si l'on voulait utiliser cette méthode, il faudrait donc trouver un groupe de contrôle pertinent. Celui-ci devrait être constitué d'un autre pays qui n'aurait pas mis en place de taxe carbone et qui serait suffisamment similaire à la France dans sa structure économique et énergétique pour valider l'hypothèse de « common trend assumption » (l'évolution des émissions de ce pays avant et après 2014 est identique à celle qu'aurait connue la France sans taxe carbone).

Il est raisonnablement impossible de trouver un tel pays. Cependant, l'idée même de la méthode des différences de différences n'est pas à abandonner. Pour surmonter l'obstacle de l'impossibilité de trouver le « bon » pays de contrôle, la solution est de reconstituer ce pays similaire (que l'on nommera désormais « France synthétique ») à partir d'une combinaison linéaire de plusieurs autres pays n'ayant pas mis en place de taxe carbone et qui sont relativement proches de la France. Cette méthode appelée « méthode du contrôle synthétique » a été élaborée par Alberto Abadie, Alexis Diamond et Jens Hainmueller, notamment pour évaluer l'effet des politiques anti-tabac en Californie²⁵, l'impact du terrorisme sur le PIB au pays basque²⁶ ou encore l'impact de la réunification en Allemagne²⁷.

Cette méthode a déjà été utilisée pour évaluer l'impact de la taxe carbone en Suède²⁸. Andersson trouve ainsi que la taxe carbone en Suède a permis, dans le secteur des transports, une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 10,9 % par an entre 1990 et 2005 (soit 2,5 MtCO₂ par an). Pour la Colombie Britannique, Elgie et McClay²⁹ (2013) ont utilisé la méthode des différences de différences car la structure fédérale du Canada permettait de trouver un groupe de contrôle cohérent : le reste des états du Canada. Ils estiment que la taxe carbone a permis une réduction des émissions de gaz à effet de serre par habitant de 8,9 % entre 2008 et 2011 sur l'ensemble du périmètre soumis à la taxe carbone.

B. La méthode du contrôle synthétique : principe et formalisation

Pour comprendre cette méthode, il est nécessaire d'introduire certaines notations :

- on considère ainsi $N+1$ pays qui seront indexés par i . Le pays pour $i = 1$ est la France et le reste des N pays constitue le groupe de contrôle
- les données portent sur une période de temps allant de 1 à T
 - la période de pré-traitement va de $t = 1$ à $t = T_0$
 - la période de post-traitement va de $t = T_0 + 1$ à $t = T$
- notre variable d'intérêt sera ici les émissions par tête et sera notée Y_{it} (i désigne le pays, t désigne le temps)
 - pour la France, pour $t > T_0$, on notera Y_{1t}^{Obs} les émissions réellement observées

- pour la France, pour $t > T_0$, on notera Y_{1t}^{cf} les émissions du contrefactuel

L'objectif final de la méthode est donc d'évaluer la différence $Y_{1t}^{cf} - Y_{1t}^{Obs}$. Pour ce faire, on cherche à reconstituer les émissions du contrefactuel à partir d'une combinaison linéaire des N pays du groupe de contrôle : $Y_{1t}^{cf} \approx \sum_{i=2}^{N+1} w_i Y_{it}$. Tout l'enjeu désormais est de trouver la « meilleure » combinaison (w_2, \dots, w_{N+1}) des N autres pays, les w_i étant les poids/pourcentages accordés aux pays servant à reconstituer la France synthétique (on a $\sum_{i=2}^{N+1} w_i = 1$).

Afin de trouver cette combinaison, il est donc nécessaire de définir des « critères de qualité » qui permettront de choisir entre deux combinaisons. Ainsi, une bonne combinaison (w_2, \dots, w_{N+1}) est celle qui répond aux deux critères suivants :

- avant la mise en place de la taxe carbone (donc avant T_0), la trajectoire des émissions de la France synthétique doit être proche de celle de la France réelle
- la France synthétique doit être similaire à la France réelle sur un certain nombre de variables, appelées « prédictors ». Ces prédictors sont évalués avant T_0 et sont choisis comme étant des variables explicatives pertinentes de la variable d'intérêt Y_{1t} . On notera Z_i le vecteur des prédictors observés pour chaque pays i .

Mathématiquement, cela signifie que l'on doit trouver (w_2, \dots, w_{N+1}) tel que pour tout $t \leq T_0$,

$$\sum_{i=2}^{N+1} w_i Y_{i1} = Y_{11}, \sum_{i=2}^{N+1} w_i Y_{i2} = Y_{12}, \dots, \sum_{i=2}^{N+1} w_i Y_{iT_0} = Y_{1T_0} \quad (1)$$

$$\sum_{i=2}^{N+1} w_i Z_i = Z_1 \quad (2)$$

En général, il est impossible de trouver une telle combinaison des w_i qui réponde à l'ensemble de ces contraintes. On se contentera donc de se rapprocher au maximum de ce cas idéal (voir 5). En pratique, cette « meilleure combinaison » sera déterminée grâce au package Synth du logiciel R, élaboré par Alberto Abadie, Alexis Diamond et Jens Hainmueller³⁰.

C. Les principales étapes de la méthode

La mise en œuvre de la méthode du contrôle synthétique implique de faire plusieurs choix que nous allons détailler par la suite :

- choix de la variable d'intérêt Y
- choix de la période de temps (pré-traitement et post-traitement)
- choix du groupe de contrôle
- choix des bons prédictors de la variable d'intérêt

Ces choix sont guidés à la fois par des considérations théoriques mais également par des considérations pratiques (disponibilité des données).

1. Choix de la variable d'intérêt et de la période de temps

Notre variable d'intérêt est les émissions de CO_2 par habitant. L'utilisation de comparaisons entre pays qu'implique cette méthode nécessite en effet de raisonner par tête et non en valeur absolue. Pour ce type de variable, seules des données annuelles sont disponibles.

Le choix du périmètre des émissions à considérer est plus délicat. En première intuition, il semblait logique de considérer l'ensemble des émissions du pays. Cependant, étant donné que l'assiette de la taxe carbone française est relativement restreinte, il a été décidé de s'intéresser uniquement aux secteurs directement concernés par la taxe (transport par voiture ; chauffage au gaz et fioul).

Pour la période de temps, il faut avoir le plus de données post-taxe possibles et un nombre relativement élevé (entre 20 et 30) de données pré-taxes.

Après étude des différentes bases de données disponibles, il a été décidé d'utiliser la base des inventaires nationaux de l'ONU (UNFCCC). Au moment de la rédaction de cette étude, cette dernière contient des données de 1990 à 2016 avec une décomposition fine par secteurs. Pour se rapprocher le plus possible de l'assiette de la taxe, deux périmètres d'étude ont été définis à partir de cette décomposition :

- émissions liées au transport par voiture
- émissions liées à la combustion d'énergie par les ménages, le secteur commercial et le secteur institutionnel.

2. Choix du groupe de contrôle

Pour le choix des pays du groupe de contrôle, deux critères fondamentaux sont à respecter :

- il doit s'agir de pays relativement similaires à la France sur le plan économique. Ceci implique que tous les pays hors OCDE sont exclus et au sein de l'OCDE sont exclus le Mexique, le Chili, la Corée du Sud et la Turquie.
- il doit s'agir de pays n'ayant pas adopté de taxe carbone. Au sein de l'OCDE sont donc exclus l'Irlande, le Royaume-Uni, le Danemark, le Portugal, la Suède, la Finlande, la Slovaquie, l'Islande, la Norvège et la Suisse.

D'autres critères, plus secondaires, ont ensuite été ajoutés :

- les petits pays ont été exclus (Luxembourg, pays baltes), notamment parce que la consommation de carburant pouvait être liée à des transports transfrontaliers
- les pays ayant connu des trajectoires économiques particulières, comme la Grèce, ont également été exclus

Une dernière question s'est posée sur la pertinence d'inclure uniquement les pays, qui comme la France, ont adopté le marché européen du carbone. La réponse à cette question n'étant pas tranchée, deux groupes de contrôles ont été définis.

En respectant tous ces critères, y compris celui sur le marché de quotas européen, on obtient le groupe de contrôle suivant (groupe de contrôle n°1): Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, Italie, Pays-Bas, Pologne et République Tchèque.

En ne respectant pas le dernier critère, ce qui peut se justifier puisque l'on s'intéresse à des secteurs économiques, peu ou pas concernés par le marché de quotas, on obtient le groupe de contrôle suivant (groupe de contrôle n°2) : les mêmes que précédemment auxquels sont ajoutés l'Australie, le Canada, les Etats-Unis, le Japon et la Nouvelle-Zélande.

3. Choix des prédicteurs de la variable d'intérêt

Les prédicteurs choisis varient en fonction du périmètre des émissions pris en compte. Certains sont communs aux deux périmètres ; d'autres sont spécifiques.

Les prédicteurs communs pour les deux périmètres sont les suivants :

- PIB par habitant (moyenne 2005-2013)
- Pourcentage de population urbaine dans la population totale (moyenne 2005-2013)
- Intensité énergétique du PIB (moyenne 2005-2013)
- Valeurs des émissions de CO₂ par tête en 1995, 2005 et 2013.

Les prédicteurs spécifiques au périmètre « Transport par voiture » sont :

- nombre de véhicules pour 1000 habitants (moyenne 2005-2013)
- consommation de carburant par habitant (moyenne 2005-2013)

Les prédicteurs spécifiques au périmètre « Consommation d'énergie des ménages, du secteur commercial et du secteur institutionnel » sont :

- part du nucléaire dans le mix électrique (moyenne 2005-2013)
- indicateur climatique basé sur le nombre de degré-jours de chauffe par an (moyenne 2005-2013)

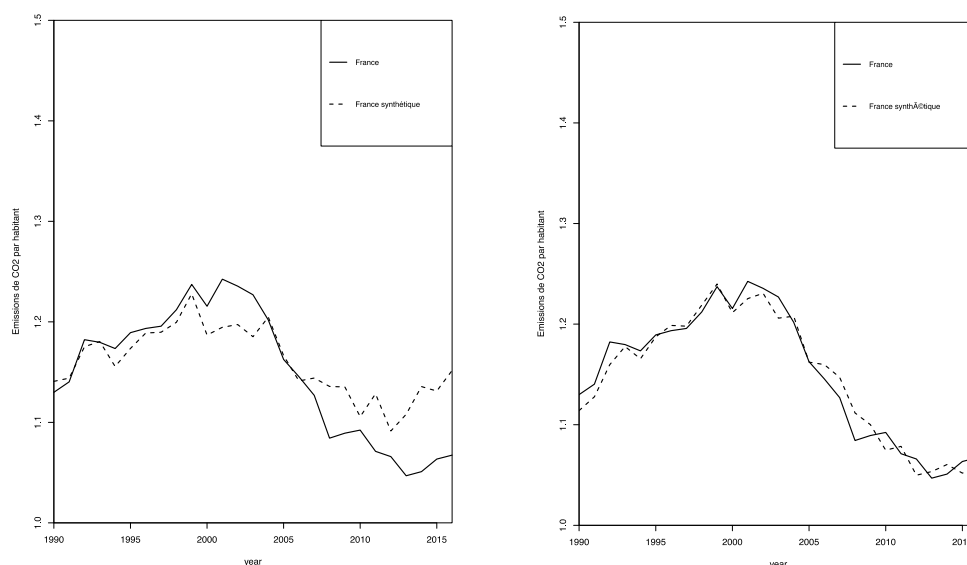
D. Résultats

1. Sur le périmètre « Transport en voiture »

Les graphes suivants montrent les résultats obtenus avec cette méthode sur le périmètre « Transport en voiture » pour le groupe de contrôle n°1 et pour le groupe de contrôle n°2. En trait plein est représentée la trajectoire des émissions réellement observée tandis qu'en pointillé est représentée la trajectoire des émissions pour la France synthétique.

Pour les deux groupes de contrôle, on constate que sur la période pré-traitement (1990-2013), les trajectoires sont proches voire très proches en ce qui concerne le groupe de contrôle n°2. Ceci est bon signe quant à la pertinence de la combinaison (w_2, \dots, w_{N+1}) qui a été calculée. Sur la période post-traitement (2014-2016) et pour le groupe de contrôle n°1, on constate un léger creusement entre la trajectoire des émissions de la France synthétique et la trajectoire des émissions réellement observées. Conformément à l'intuition, les émissions de la France synthétique sont au-dessus de la France « réelle ». Cependant, l'écart reste faible et n'est pas significatif, notamment parce qu'il est du même ordre de grandeur que l'écart observé autour des années 2000. Par ailleurs, l'écart semble se creuser à partir de 2012, c'est-à-dire avant même l'instauration de la taxe carbone. Pour le groupe de contrôle n°2, aucun écart n'est constaté. Les tests effectués avec le groupe de contrôle n°2 auraient pu servir de tests de robustesse si des résultats avaient été observés avec le groupe de contrôle n°1. L'absence d'écart constaté avec le groupe de contrôle n°2 est donc un argument supplémentaire quant à la non-significativité de l'écart obtenu avec le groupe n°1.

Figure 12 : émissions liées au transport par voiture de la France et de la France synthétique avec le groupe de contrôle n°1 (gauche) et n°2 (droite)



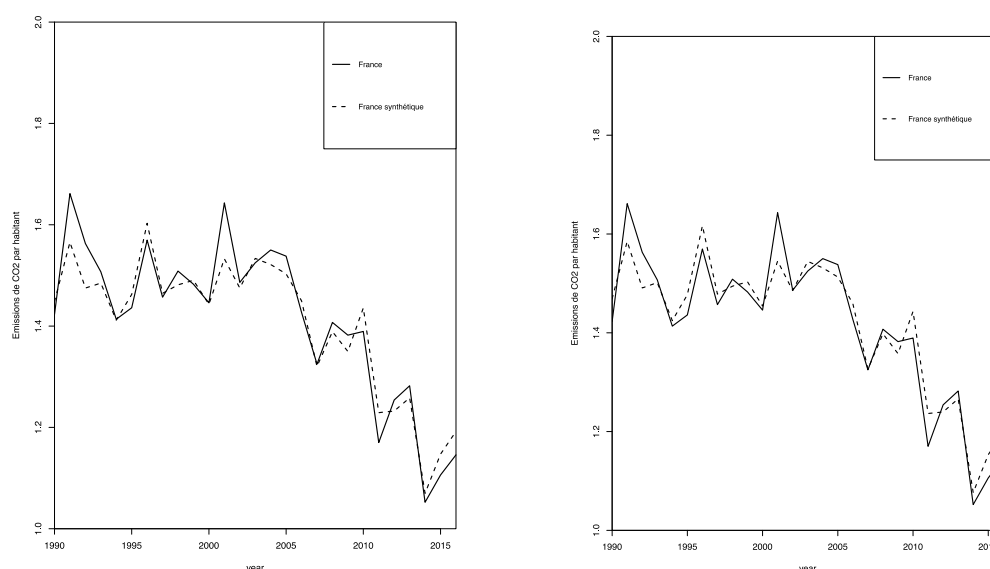
2. Sur le périmètre « ménages, secteur commercial et secteur institutionnel »

Les graphes suivants montrent les résultats obtenus avec cette méthode sur le périmètre « Ménages, secteur commercial et secteur institutionnel » pour le groupe de contrôle n°1 et pour le groupe de contrôle n°2.

On remarque tout d'abord des variations assez fortes d'une année sur l'autre des émissions de la France réelle. Ces variations sont dues aux variations climatiques et sont assez bien reproduites dans la trajectoire des émissions de la France synthétique. Lorsqu'on regarde les pays qui ont le plus de poids dans la France synthétique (combinaison W), on constate que les pays géographiquement voisins de la France sont fortement pondérés, certainement parce que ces derniers subissent en général les mêmes conditions climatiques que la France.

On constate ensuite, comme pour le premier graphe de la partie précédente, un léger creusement de l'écart entre les émissions de la France synthétique et de la France réelle en fin de période. Si ce creusement correspond à l'intuition, il n'est pour l'instant pas significatif. Il faudrait en effet un peu plus de recul pour savoir si ce mouvement persiste et s'amplifie.

Figure 13 : émissions liées à la combustion d'énergie par les ménages, le secteur commercial et le secteur institutionnel de la France et de la France synthétique avec le groupe de contrôle n°1 (gauche) et n°2 (droite)



E. **Interprétation**

Contrairement à l'étude portant sur la Suède, la méthode du contrôle synthétique ne nous permet pas de conclure quant aux impacts de la taxe carbone sur les émissions de gaz à effet de serre en France. Plusieurs éléments expliquent cette absence de résultats pour la France.

En premier lieu, l'étude ne porte que jusqu'en 2016. Or, la taxe carbone a été mise en œuvre en 2014 et pour le carburant, elle a été intégralement compensée la première année. Par ailleurs, le montant de la taxe était au départ très bas. Le nombre de données et l'ampleur du traitement sont donc beaucoup trop faibles pour espérer voir un quelconque effet.

En second lieu, dans l'étude portant sur la Suède, la période post-traitement est 1992-2005. Le nombre de données est plus important et surtout, sur cette période, peu de pays avaient mis en place des politiques de lutte contre le changement climatique. Le groupe de contrôle retenu pour l'étude était donc particulièrement cohérent. Dans le groupe de contrôle retenu dans notre étude, nous n'avons certes conservé que les pays n'ayant pas mis en place de taxe carbone. Mais ces pays n'ont pas pour

autant rien fait dans le domaine de la lutte contre le changement climatique. Ce dernier point peut venir perturber notre estimation.

Enfin il peut être nécessaire de rappeler le contexte particulier de mise en œuvre de cette taxe carbone. Comme rappelé plus haut, la mise en place de la taxe carbone en France a été concomitante avec une baisse du prix du pétrole tandis que la communication autour de cette réforme a été quasi-inexistante. En outre, la peur d'une nouvelle censure du Conseil constitutionnel a conduit à la mise en place d'un dispositif juridiquement plus solide mais beaucoup moins lisible et transparent ce qui a nui à la qualité du signal prix.

IV. Conclusion

Grâce à l'évaluation des élasticités TTC partie II, nous avons montré qu'à minima la taxe carbone a permis d'éviter les émissions de 1,3 à 2,4 MtCO₂ en 2017. En 2022, « toutes choses égales par ailleurs », la taxe carbone devrait permettre de réduire les émissions de 3 à 5,7 MtCO₂ supplémentaires par rapport à 2017. Lorsque l'on compare au 453 MtCO₂ émises en 2017 (hors UTCATF), ces montants peuvent paraître modestes. Cette dernière remarque appelle cependant plusieurs nuances.

En premier lieu ces estimations sont des estimations par le bas. La partie II a en effet montré qu'en France, comme dans d'autres pays, un relèvement du coût de l'énergie via une taxe conduit à des élasticités plus fortes que dans le cas d'une hausse du prix hors taxe. Mais compte tenu de la grande étendue des intervalles de confiance, nous ne sommes pas en mesure de tenir compte de ce paramètre dans notre analyse.

En second lieu, ces chiffres ne tiennent pas compte de l'utilisation du gaz par les ménages, qui sont la composante de la consommation énergétique où la taxe a eu l'impact le plus fort du fait de l'exonération initiale de ce produit aux TIC.

En troisième lieu, les élasticités qui ont été utilisées sont des élasticités de court-terme. L'étude n'aborde pas ce point mais il est fort probable que sur le long-terme, la hausse des prix des énergies provoquée par la taxe carbone va conduire à des changements structurels : modernisation des installations de chauffage, achats de véhicules plus performants, modification des habitudes vers davantage de sobriété en matière de chauffage ou de mobilité...

Enfin, il faut également noter que les multiples exonérations, totales ou partielles, affectant les TIC réduisent significativement l'assiette de la taxe carbone. Si l'exclusion des industries soumises au marché de quotas européennes est légitime d'un point de vue économique (à la condition que ce marché transmet un signal prix d'un montant comparable à la taxe), les autres exemptions comme celles concernant le transport routier de marchandises ou l'agriculture brouillent au contraire ce signal.

La partie III basée sur une méthode d'évaluation *ex post* ne permet cependant pas de détecter un effet statistiquement significatif de la taxe carbone sur les émissions de gaz à effet de serre. L'absence de recul, les tests n'ayant pu être fait que jusqu'en 2016, rend cependant toute conclusion prématurée et il sera intéressant de voir si cette méthode donnera des résultats dans le futur lorsqu'on pourra travailler sur un plus grand nombre de données. Par ailleurs, une difficulté technique importante est que la taxe carbone n'est que l'un des instruments utilisés pour réduire les émissions. Aussi, l'utilisation de la méthode du contrôle synthétique peut rencontrer une difficulté si les pays utilisés pour construire le contrefactuel mettent en place d'autres instruments qui réduisent les émissions de façon de façon synchronisée avec l'introduction de la taxe carbone en France.

Les conclusions avancées nous semblent suffisamment robustes pour avancer quelques implications en matière de politique publique. Nous aboutissons à des impacts nettement moindres de la taxe que les travaux ayant utilisés des méthodes comparables dans d'autres pays ou provinces, alors même que le rythme d'introduction de la taxe est plutôt plus rapide et doit se poursuivre au moins jusqu'en 2022.

Deux facteurs nous semblent avoir joué qui pourraient être corrigés par les pouvoirs publics dans les années qui viennent.

Le premier concerne le périmètre de la taxe carbone. En effet, du fait de la présence de nombreuses exemptions et exonérations, nous avons été contraint de restreindre le nombre de secteurs étudiés dans notre étude. Mécaniquement, le résultat en termes de tonnes de CO₂ évitées en est réduit. Parmi ces exemptions, certaines ne sont pas justifiées par le système européen d'échange de quotas de CO₂. Ces dernières répondent à des logiques de soutien sectoriel qui n'ont pas lieu d'être discutées ici. Mais ce type de soutien introduit des distorsions très fâcheuses pour les réductions des émissions de gaz à effet de serre. S'il y a de bonnes raisons d'intérêt général de maintenir ces soutiens, les pouvoirs publics devraient trouver d'autres canaux que l'exemption de la taxe carbone pour les diriger vers les secteurs concernés.

Le second concerne la complexité et l'absence de visibilité du système mis en place depuis 2014. Le principe même d'une distinction entre « composante carbone » et « partie fixe » ainsi que les montants et modalités de calcul de ces différentes composantes n'apparaissent explicitement ni dans le code des douanes ni dans les lois de finances. Ces derniers documents indiquent en effet uniquement le montant total des TIC. Seuls certains documents annexés au projet de loi de finance³¹, ainsi que de manière allusive, l'article L100-2 du code de l'énergie³², font mention de l'existence de la composante carbone dans les TIC. Si ces choix ont été faits pour contourner les risques d'inconstitutionnalité du dispositif, cela nuit malheureusement à la qualité du signal-prix.

Une évolution du dispositif vers une plus grande clarté et transparence semble souhaitable.

L'évolution du dispositif pourrait viser à accroître la transparence du dispositif via :

- l'inscription dans le code des douanes de l'existence d'une composante carbone dans les TIC
- l'inscription dans la loi des méthodes de calculs, et notamment les facteurs d'émission utilisés
- l'indication explicite du montant de chacune des deux composantes des TIC dans le code des douanes dans les lois de finances pour que les parlementaires puissent disposer d'une information complète lors des débats sur la Loi de Finances.

Ces modifications institutionnelles devraient enfin s'accompagner d'une information des citoyens et des acteurs économiques pour accélérer les changements de comportements nécessaires pour le basculement vers une société bas carbone où l'assiette de la taxe aura été réduite comme peau de chagrin.

Annexe 1 : le rendement des TIC

En 2016, le rendement de la TICPE s'est élevé à 28,5 milliards d'euros¹ dont à peu près 16 milliards pour le budget de l'Etat², le reste étant versé aux départements, aux régions et à l'Agence de financement des infrastructures de transport de France.

La TICGN a vu son rendement fortement augmenté à partir de 2014. En effet, jusqu'à cette date, les particuliers ne payaient pas cette taxe. En 2016, la TICGN a rapporté 1,1 milliards d'euros (1,4 milliards en 2017 et 1,8 milliards en prévision pour 2018).

La TICC est très anecdotique en termes de rendement (11 millions d'euros en 2017).

¹ A titre de comparaison, l'impôt sur le revenu a un rendement d'environ 70 milliards par an et l'impôt sur les sociétés rapporte une trentaine de milliards par an.

² Depuis 2017, une fraction des recettes de TICPE de l'Etat sont affectées au compte d'affectation spéciale « Transition énergétique » (ce montant s'élevait à 6,9 milliards en 2017)

Annexe 2 : les arguments juridiques motivant la décision du Conseil Constitutionnel en 2010³ :

A la suite de la saisine du Conseil constitutionnel sur le projet de lois de finances, le Conseil constitutionnel a censuré l'ensemble des dispositions portant sur la taxe carbone. La principale raison de cette censure est la présence de trop nombreuses exonérations qui constituent, selon le Conseil, une rupture du principe d'égalité devant les charges publiques.

C'est l'article 6 de la Déclaration de Droits de l'Homme et du Citoyen de 1789 qui pose le principe d'égalité : « *La loi [...] doit être la même pour tous, soit qu'elle protège, soit qu'elle punisse.* » De manière générale, ce principe ne s'oppose ni à ce que le législateur règle de façon différente des situations différentes, ni à ce qu'il déroge à l'égalité pour des motifs d'intérêt général, pourvu que, dans l'un et l'autre cas, la différence de traitement qui en résulte soit en rapport direct avec l'objet de la loi.

Ainsi, en matière fiscale, le principe d'égalité devant l'impôt ne fait pas obstacle à l'adoption de taxes environnementales. Ces dernières cherchent en effet à inciter les redevables à adopter des comportements conformes à des objectifs d'intérêt général. Cependant, il faut que les règles fixées à cet effet soient justifiées au regard de ces objectifs.

Le principe même de la taxe carbone, qui aurait pu être vu comme une entorse au principe d'égalité puisqu'on taxe de manière différentes les énergies en fonction de leur contenu carbone, n'est donc absolument pas remis en cause par le Conseil Constitutionnel. Ce qui a justifié les censures, ce sont bien certaines exonérations partielles ou totales qui accompagnaient le projet de réforme.

Certaines exonérations partielles ont été validées (activités agricoles ou de pêches ; transport routier de marchandises...) par le Conseil. Celui-ci a estimé qu'elles étaient justifiées par le motif d'intérêt général visant à préserver la compétitivité économique de secteurs économiques exposés à la concurrence internationale. Par ailleurs, leur caractère transitoire évoqué durant les débats parlementaires ne remettait pas en cause l'objectif global de la réforme qui était de lutter contre le changement climatique. Il a également estimé que des exonérations totales étaient possibles si les secteurs économiques concernés étaient spécifiquement mis à contribution par un dispositif particulier. Selon le Conseil, l'exonération totale des entreprises soumises au marché européen du carbone ne rentrait pas dans ce cadre, notamment parce que l'allocation initiale des quotas était à l'époque gratuite et qu'elle ne serait devenue payante qu'à partir de 2013 et progressivement jusqu'en 2027. Cette exonération était donc contraire à l'objectif général de la réforme qui était la lutte contre le changement climatique. Elle constituait donc une rupture du principe d'égalité devant les charges publiques.

Le raisonnement suivi par le Conseil constitutionnel est un raisonnement purement juridique. Il a suscité une profonde incompréhension chez les économistes. Ces derniers considèrent que le système européen de marché de quotas constitue bel et bien un signal-prix et que si l'allocation initiale des quotas était gratuite, les quotas en eux-mêmes ne l'étaient pas. Les industries appartenant au marché ETS participent donc réellement à la lutte contre le changement climatique. Par ailleurs, d'un point de vue économique, la superposition de deux dispositifs (taxe et marché) n'est pas pertinente et n'entraînerait aucun bénéfice environnemental. Economiquement, la décision du Conseil n'était donc pas fondée.

³ Décision CC, 2009-599 DC // Commentaire de la décision du 29 novembre 2009 // Rapport d'information n°300 de Fabienne Keller

Annexe 3 : origine des données pour les méthodes économétriques

❖ Données annuelles

➤ Consommations de carburant (période : 1980-2017)

Source des données :

- Consommations pour la période 1980-1989 : comptes des transports des années 1983, 1985, 1990 et 1991 (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-densemble/1924/874/ensemble-comptes-transports.html>)
- Consommations pour la période 1990-2016 : comptes des transports 2016 (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-densemble/1924/874/ensemble-comptes-transports.html>)
- Consommations pour l'année 2017 : econstitution à partir de la base Pégase mensuelle (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/r/pegase.html>)
- Population moyenne annuelle en France métropolitaine : INSEE (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/000067671>)

Commentaires : nous obtenons des données de consommation pour le gazole et l'essence. Grâce aux données démographiques, nous ramenons les consommations totales à des consommations par habitant. Pour le gazole, nous retenons uniquement les consommations des véhicules légers (véhicules particulières, motocycles et véhicules utilitaires légers). Pour l'essence, la consommation obtenue est la somme de consommations de toutes les catégories d'essence (SP 95, SP 98, supercarburant ARS, essence ordinaire). Les consommations par catégorie d'essence sont utiles pour la fabrication du prix synthétique, elles sont approximées grâce à « l'étude réseau 2016 » de l'UFIP.

➤ Prix des carburants (période : 1980-2017)

Source des données :

- Prix HT et TTC pour la période 1980-1989 : comptes des transports des années 1983, 1985, 1990 et 1991 (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-densemble/1924/874/ensemble-comptes-transports.html>)
- Prix HT et TTC sur la période 1990-2016 : comptes des transports <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-densemble/1924/874/ensemble-comptes-transports.html>
- Prix TTC de l'année 2017 : base de données annuelles Pégase (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/r/pegase.html>)
- Indice des prix à la consommations : OCDE (Base 2010, ensemble des ménages et produits : <https://data.oecd.org/fr/price/inflation-ipc.htm>)
- Taux de TICPE : Code des douanes sur www.legifrance.gouv.fr (article 265) et www.douanes.gouv.fr (pour les taux régionaux)

Commentaires : pour le gazole et chaque catégorie d'essence, les prix fournis par les comptes des transports sont TTC et HT. A partir des taux de TVA sur la période, on reconstitue le montant de TICPE pour chaque année jusqu'en 2016. Ce dernier ne correspond pas toujours au montant fixé en loi de finances, notamment du fait de la TIPP flottante entre 2000 et 2002 et du fait de la modulation régionale.

Pour l'année 2017, la base Pégase ne donne que le prix TTC. Une estimation de la TICPE, modulation régionale incluse, est effectuée à partir des taux régionaux fournis par la Direction générale des Douanes et des Droits indirects et des populations régionales. Le montant HT est alors calculé grâce à cette estimation et au taux de TVA.

Un prix synthétique « carburant » est obtenu en pondérant le prix de chaque catégorie de carburant par les consommations correspondantes. L'ensemble des prix est déflaté par l'indice des prix à la consommation.

➤ Consommation de fioul domestique (période : 1983-2017)

Source des données :

- base de données mensuelles Pégase, consommation de fioul corrigée des variations climatiques

Commentaires : les consommations annuelles sont obtenues en faisant la somme des consommations mensuelles

- Prix du fioul domestique : données Pégase (période : 1983-2017)

Source des données :

- Prix HT et TTC pour la période 1983-2013 : comptes des transports des années 1983, 1985, 1990 et 2014 pour les prix HT et TTC (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-densemble/1924/874/ensemble-comptes-transports.html>)
- Prix TTC pour la période 2014-2017 : base de données annuelles Pégase (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/r/pegase.html>)
- Indice des prix à la consommations : OCDE (Base 2010, ensemble des ménages et produits : <https://data.oecd.org/fr/price/inflation-ipc.htm>)
- Taux de TICPE : Code des douanes sur www.legifrance.gouv.fr (article 265)

Commentaires : sur la période 1983-2013 les prix fournis par les comptes des transports sont TTC et HT. A partir des taux de TVA sur la période, on reconstitue le montant de TICPE. On vérifie alors qu'il correspond à celui fixé en loi de finances, sauf pour les années 2000 à 2002 du fait de la TIPP flottante. Sur la période 2014-2017, la base Pégase ne donne que le prix TTC. Le montant de la TICPE est fixé à partir de la valeur donnée par le Code des douanes. Le montant HT est alors calculé grâce à cette estimation et au taux de TVA.

- Variables de contrôle (période : 1980-2017 sauf part de logements chauffés au fioul : 1983-2017)

Source des données :

- PIB courant et revenu disponible brut : INSEE – comptes nationaux annuels 2017
- Taux de chômage : INSEE, enquêtes emploi
- Taux d'urbanisation : World Development Indicators
- Prix moyen du pétrole brut importé : OCDE
- Part des logements chauffés au fioul : estimée à partir de l'enquête CEREN

Commentaires : le PIB courant et le revenu disponible brut sont déflatés par l'IPC puis des valeurs par habitant sont calculées. Le prix moyen du pétrole brut importé est converti en euros puis également déflaté par l'IPC.

❖ Données annuelles

- Consommations de carburants et fioul domestique (septembre 2002 – mars 2017)

Source des données :

- Consommations essence, gazole et fioul domestique : base de données mensuelles de Pégase
- Part du gazole consommée par les véhicules légers : compte des transports 2016
- Population moyenne annuelle en France métropolitaine : INSEE (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/000067671>)

Commentaires : les consommations mensuelles pour le gazole concernent l'ensemble des consommations. Il faut donc ôter les consommations du fret routier. Pour y parvenir, on utilise les données annuelles du compte des transports qui nous permettent de calculer la part du gazole consommée par les véhicules légers. A partir de ces données annuelles, des ratios mensuels sont estimés par interpolation linéaire. De même, la population mensuelle, qui nous permet de calculer les consommations par habitant, est estimée à partir de la population annuelle par interpolation linéaire.

➤ Prix des carburants et du fioul domestique (septembre 2002 – mars 2017)

Source des données :

- Prix TTC de l'essence, du gazole et du fioul domestique : base de données mensuelles de Pégase
- TICPE du fioul domestique : loi de finances annuelle
- TICPE de l'essence et du gazole : estimation des taux réels, modulation régionale incluse, à partir des données calculées grâce aux comptes des transports
- IPC : INSEE (Base 2015 - Ensemble des ménages - France métropolitaine – Ensemble des produits)

Commentaires : le prix HT du fioul domestique est calculé à partir du prix TTC, du taux de TVA et du montant de TICPE donné par les lois de finances. Pour l'essence et le gazole, le montant de TICPE provient des montants calculés à partir des comptes des transports afin de tenir compte de la modulation régionale. Le prix HT est ensuite calculé à partir du prix TTC, du taux de TVA et de ces montants de TICPE.

Tous les prix sont déflatés par l'IPC.

➤ Variables de contrôle (période : 1980-2017 sauf part de logements chauffés au fioul : 1983-2017)

Source des données :

- PIB courant et revenu disponible brut : INSEE – 2^{ème} estimation du compte trimestriel du premier trimestre 2018 (prix courant, données CVS-CJO)
- Taux de chômage : Eurostat, corrigé des variations saisonnières
- Cours du Brent daté en euros par baril : INSEE
- Part des logements chauffés au fioul : interpolation à partir des données annuelles estimées grâce à l'enquête CEREN

Commentaires : le PIB courant et le revenu disponible brut sont déflatés par l'IPC puis des valeurs par habitant sont calculées. Le prix moyen du pétrole brut importé est également déflaté par l'IPC.

Annexe 4 : tables de résultats des estimations économétriques de l'évaluation *ex ante*

Table 1: Estimation OLS élasticité carburant-prix TTC avec données mensue

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
log(Prix TTC)	-0.0774433**	(0.01924792)
Tendance	-0.0003742**	(0.00010176)
log(Taux de chômage)	0.0281699	(0.04658839)
log(PIB par habitant)	0.4662442**	(0.14748578)
Indicatrice janvier	-0.0910401**	(0.01602894)
Indicatrice février	-0.1056269**	(0.01127636)
Indicatrice mars	0.0104303	(0.01168720)
Indicatrice avril	0.0196092	(0.01096156)
Indicatrice mai	0.0142037	(0.01450016)
Indicatrice juin	0.0446073**	(0.01232331)
Indicatrice juillet	0.0954868**	(0.01194085)
Indicatrice août	0.0149849	(0.01297393)
Indicatrice septembre	0.0255202*	(0.01126249)
Indicatrice octobre	0.0457995**	(0.01301753)
Indicatrice novembre	-0.0467162**	(0.01574018)
Constant	-0.5559000	(1.9585061)
<hr/>		
Observations	187	
R ² ajusté	0.737	
<hr/>		
Significativité :	† : 10%	* : 5% ** : 1%

Table 4: Estimation IV élasticité carburant-prix TTC avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
Δlog(Prix TTC)	-0.25191 [†]	(0.13899)
Δlog(Taux de chômage)	-0.06704	(0.35575)
Δlog(PIB par habitant)	-1.67811	(1.54014)
Indicatrice janvier	-0.11990**	(0.03299)
Indicatrice février	-0.06329**	(0.01587)
Indicatrice mars	0.06495**	(0.02033)
Indicatrice avril	-0.03199	(0.02137)
Indicatrice mai	-0.04968**	(0.02185)
Indicatrice juin	-0.01185	(0.02427)
Indicatrice juillet	0.01764	(0.01905)
Indicatrice août	-0.12847**	(0.02553)
Indicatrice septembre	-0.02823 [†]	(0.01683)
Indicatrice octobre	-0.02194	(0.02098)
Indicatrice novembre	-0.13390**	(0.02668)
<hr/>		
Observations	186	
R ² ajusté	0.5638	
F-statistique	267.46 (p<2e-16)	
Wu-Hausman	4.61 (p=0.0332)	
<hr/>		
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 2: Estimation IV élasticité carburant-prix TTC avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
log(Prix TTC)	-0.0907919**	(0.0197602)
Tendance	-0.0003615**	(0.0001298)
log(Taux de chômage)	0.0247203	(0.0598741)
log(PIB par habitant)	0.4694341*	(0.1883811)
Indicatrices	[...]	[...]
Constant	-0.5756201	(1.8098238)
<hr/>		
Observations	187	
R ² ajusté	0.7366	
F-statistique	2135.523 (p<2e-16)	
Wu-Hausman	3.333 (p=0.0697)	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 5: Estimation OLS élasticité carburant-prix TTC avec données annuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
log(Prix TTC)	-0.33922361**	(0.04747823)
Tendance	0.00474139**	(0.00096829)
Constante	6.33262400**	(0.01658987)
Observations	38	
R ² ajusté	0.7294	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 3: Estimation OLS élasticité carburant-prix TTC avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
$\Delta \log(\text{Prix TTC})$	-0.487365**	(0.1242335)
$\Delta \log(\text{Taux de chômage})$	-0.214940	(0.3053500)
$\Delta \log(\text{PIB par habitant})$	-2.387013	(1.6712430)
Indicatrices	[...]	[...]
Constante	0.039986**	(0.0125992)
<hr/>		
Observations	186	
R ² ajusté	0.571	
Significativité : † : 10% * : 5% ** : 1%		

Table 6: Estimation OLS élasticité carburant-prix TTC avec données annuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
log(Prix TTC)	-0.40021505**	(0.05569364)
Tendance	0.00569412**	(0.00082551)
log(Taux de chômage)	-0.01427972†	(0.00771218)
Constante	6.44359436**	(0.00082551)
Observations		38
R ² ajusté		0.7563
Significativité : † : 10% * : 5% ** : 1%		

Table 7: Estimation OLS élasticité carburant-prix TTC avec données annuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
log(Prix TTC)	-0.311113**	(0.038436)
Tendance	-0.004306*	(0.001728)
log(RDB)	0.813039†	(0.150511)
Constante	-1.423743	(1.435901)
<hr/>		
Observations	38	
R ² ajusté	0.8501	
Significativité :	† : 10%	* : 5% ** : 1%

Table 8: Estimation OLS élasticité carburant-prix TTC avec données annuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
log(Prix TTC)	-0.2394282**	(0.0554482)
Tendance	-0.0087702**	(0.0026866)
log(RDB)	1.1288618**	(0.2133368)
log(Taux de chômage)	0.0142267†	(0.0078058)
Constante	-4.5472407*	(2.0665467)
<hr/>		
Observations	38	
R ² ajusté	0.8612	
Significativité : † : 10% * : 5% ** : 1%		

Table 9: Estimation IV élasticité carburant-prix TTC avec données annuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
log(Prix TTC)	-0.325432**	(0.049918)
Tendance	-0.004204†	(0.002179)
log(RDB)	0.805447**	(0.186077)
Constante	-1.349975	(1.771615)
Observations	38	
R ² ajusté	0.8495	
F-statistique	496.412 (p<2e-16)	
Wu-Hausman	2.091 (p=0.158)	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 10: Estimation IV élasticité carburant-prix TTC avec données annuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
log(Prix TTC)	-0.271432**	(0.065136)
Tendance	-0.007655*	(0.003072)
log(RDB)	1.049636**	(0.236162)
log(Taux de chômage)	0.011039	(0.008440)
Constante	-3.765158	(2.294194)
Observations	38	
R ² ajusté	0.8596	
F-statistique	257.476 (p<2e-16)	
Wu-Hausman	3.096 (p=0.0881)	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 11: Estimation OLS élasticité fioul-prix TTC avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
ΔPrix TTC	-0.67222**	(0.228671)
ΔTaux de chômage	0.35850	(0.869382)
ΔPIB par habitant	0.99203	(6.793973)
ΔPart de logements chauffés au fioul	5.97983	(4.945241)
Indicatrices	[...]	[...]
Constante	0.18537**	(0.039363)
Observations	186	
R ² ajusté	0.4696	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 12: Estimation IV élasticité fioul-prix TTC avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
ΔPrix TTC	-0.52874*	(0.25536)
ΔTaux de chômage	0.54170	(0.83020)
ΔPIB par habitant	1.85041	(6.46875)
ΔPart de logements chauffés au fioul	5.49432	(4.80062)
Indicatrices	[...]	[...]
Constante	0.18854**	(0.04122)
Observations	186	
R ² ajusté	0.4685	
F-statistique	232.630 (p<2e-16)	
Wu-Hausman	0.503 (p=0.479)	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 13: Estimation OLS élasticité fioul-prix TTC avec données annuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
Prix TTC	-0.1314117*	(0.0474550)
Tendance	-0.0047394	(0.0056370)
PIB par habitant	0.7177903†	(0.3733474)
Taux de chômage	0.1159811	(0.1067222)
Part de logements chauffés au fioul	0.8688774**	(0.0943110)
Constante	-0.0393966	(4.0480380)
Observations	35	
R ² ajusté	0.9729	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 14: Estimation IV élasticité fioul-prix TTC avec données annuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
Prix TTC	-0.136617**	(0.041399)
Tendance	-0.004118	(0.005015)
PIB par habitant	0.689716*	(0.327850)
Taux de chômage	0.109060	(0.104134)
Part de logements chauffés au fioul	0.875667**	(0.092072)
Constante	0.284036	(3.565293)
Observations	35	
R ² ajusté	0.9729	
F-statistique	216.57 (p<2e-16)	
Wu-Hausman	3.096 (p=0.766)	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 15: Estimation OLS élasticités carburant au prix avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
ΔPrix hors TICPE	-0.00389672**	(0.00114073)
ΔTICPE(TVA incl.)	-0.02794383**	(0.00724823)
ΔTaux de chômage	-0.01861337	(0.03680012)
ΔRDB par habitant	-0.00014125	(0.00020389)
Indicatrices	[...]	[...]
Constant	0.04109199**	(0.01557609)
Observations	186	
R ² ajusté	0.5871	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 16: Estimation IV élasticités carburant au prix avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
ΔPrix hors TICPE	-2.680e-03*	(1.317e-03)
ΔTICPE(TVA incl.)	-2.590e-02**	(7.389e-03)
ΔTaux de chômage	-9.207e-03	(4.076e-02)
ΔRDB par habitant	-5.561e-05	(2.369e-04)
Indicatrices	[...]	[...]
Constant	4.330e-02**	(1.576e-02)
Observations	186	
R ² ajusté	0.5841	
F-statistique	344.921 (p<2e-16)	
Wu-Hausman	2.205 (p=0.111)	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 17: Estimation OLS élasticités fioul au prix avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
ΔPrix hors TICPE	-0.0086891*	(0.0033640)
ΔTICPE(TVA incl.)	-0.0706417*	(0.0311793)
ΔTaux de chômage	0.0604665	(0.1366903)
ΔPIB par habitant	0.0003384	(0.0006344)
ΔPart logements chauffées au fioul	10.4515917	(51.2224792)
Indicatrices	[...]	[...]
Constant	0.1896856**	(0.0437759)
Observations	186	
R ² ajusté	0.4769	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 18: Estimation IV élasticités fioul au prix avec données mensuelles

Variable	Coefficient	(Ecart-type)
ΔPrix hors TICPE	-0.0082723*	(0.0040280)
ΔTICPE(TVA incl.)	-0.0705942**	(0.0267300)
ΔTaux de chômage	0.0642860	(0.1137774)
ΔPIB par habitant	0.0003598	(0.0006325)
ΔPart logements chauffées au fioul	10.0171703	(26.7929046)
Indicatrices	[...]	[...]
Constant	0.1903261**	(0.0387690)
Observations	186	
R ² ajusté	0.4768	
F-statistique	308.102 (p<2e-16)	
Wu-Hausman	2.205 (p=0.868)	
Significativité :	† : 10% * : 5% ** : 1%	

Annexe 5 : programme d'optimisation pour la méthode du contrôle synthétique

Soit le vecteur $X_1 = (Z'_1, Y_{11}, \dots, Y_{1T_0})'$ contenant, pour la France, l'ensemble des prédicteurs ainsi que les valeurs de la variable d'intérêt Y avant la mise en place de la taxe carbone⁴. On appellera X_0 la matrice contenant les mêmes variables pour chacun des pays du groupe de contrôle.

Soit le vecteur $Y_1 = (Y_{11}, \dots, Y_{1T_0})'$ contenant, pour la France, les valeurs de la variable d'intérêt Y avant la mise en place de la taxe carbone. On appellera Y_0 une matrice contenant les mêmes variables pour chacun des pays du groupe de contrôle.

Avec ces notations, les équations (1) et (2) se réécrivent : $X_1 = X_0W$ avec $W = (w_2, \dots, w_{N+1})$

Comme l'équation $X_1 = X_0W$ n'a pas de solution, notre objectif est de minimiser la distance entre X_1 et X_0W . Il est donc nécessaire de définir une métrique sur cet espace euclidien. On appelle ainsi V la matrice semi-définie positive qui permet de définir la norme suivante :

$$\|X_1 - X_0W\|_V = \sqrt{(X_1 - X_0W)'V(X_1 - X_0W)}$$

V est une matrice semi-définie positive (en pratique diagonale). Cette matrice permet donner un poids différencié à chacune des variables prédictives incluses dans X_0 et X_1 . La détermination de V est incluse dans le programme d'optimisation.

Ce dernier permet de trouver la bonne combinaison $W^* = (w_2, \dots, w_{N+1})$ et se déroule en deux étapes :

- dans un premier temps, on cherche W^* qui minimise $\|X_1 - X_0W\|_V$ à V fixée. On détermine ainsi un vecteur W^* qui dépend de la matrice V : $W^*(V)$.
- dans un second temps, on cherche V^* qui minimise $(Y_1 - Y_0W^*(V))'(Y_1 - Y_0W^*(V))$ et on en déduit alors la meilleure combinaison : $W^*(V^*)$

Cette deuxième étape consiste à minimiser l'écart entre de la variable d'intérêt de la France réelle et de la France synthétique sur la période de pré-traitement.

⁴ On peut ne prendre que certaines valeurs pré-traitement ou une combinaison linéaire de ces valeurs

Annexe 6 : données utilisées pour la méthode du contrôle synthétique

Pour les émissions de gaz à effet de serre : portail de données de l'UNFCCC (<https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2018>)

Pour les prédicteurs,

- base de données de la banque mondiale (<https://data.worldbank.org/>) pour :
 - o pourcentage de population urbaine dans la population totale
 - o intensité énergétique du PIB
 - o Population par pays
 - o Part du nucléaire dans le mix électrique
- base de données de l'OCDE (<https://stats.oecd.org>) pour :
 - o PIB par habitant (en prix constants, PPA constantes, année de base OCDE)
 - o Nombre de véhicules pour 1000 habitants
 - o Consommation de carburant par habitant
- Eurostat pour l'indicateur « degrés-jours de chauffage » pour le groupe de contrôle n°1
- « World Average Degree Days Database », base de données KAPSARC pour l'indicateur “degrés-jours de chauffage” pour le groupe de contrôle n°2 (<https://datasource.kapsarc.org/explore/dataset/world-average-degree-days-database-1964-2013/information/?disjunctive.temperature&disjunctive.country>)

-
- ¹ Rapport de la Commission présidée par Alain Quinet, *La valeur tutélaire du carbone*, Documentation française, CAS, 2009
- ² Lawrence H. Goulder, *Environmental taxation and the double dividend : A reader's guide*, 2005, International Tax and Public Finance, vol 2(2), pages 157-183
- ³ Le 1^{er} avril 2018, le taux a été porté à 35 dollars et il augmentera de nouveau de 5 dollars par an pour atteindre 50 dollars en 2021
- ⁴ British Columbia Ministry of Finance, *Myths and Facts about the Carbon Tax*
- ⁵ Brian Murray and Nicholas Rivers, *British Columbia's Revenue-Neutral Carbon Tax : A Review of the Latest « Grand Experiment » in Environmental Policy*, Duke Nicholas Institute W.P. 15-04, May 2015
- ⁶ Pour les TIC, directive européenne 2003/96/CE du Conseil du 27 octobre 2003 restructurant le cadre communautaire de taxation des produits énergétiques et de l'électricité
- ⁷ Articles 265, 266 quinquies, 266 quinquies B et 266 quinquies C
- ⁸ Du fait de la modulation régionale, le taux réel est de 67,29 euros en Corse, 70,04 en Ile de France et 69,02 dans les autres régions
- ⁹ Du fait de la modulation régionale, le taux réel est de 59,40 euros en Corse, 62,64 en Ile de France et 60,75 dans les autres régions
- ¹⁰ Le lecteur pourra se référer à l'annexe 1 portant sur les rendements des différentes TIC
- ¹¹ *Evaluations préalables des articles du projet de loi*, Annexe au projet de loi de finances pour 2010
- ¹² Le lecteur pourra se référer à l'annexe 2 ainsi qu'aux documents suivants : décision du Conseil Constitutionnel 2009-599 DC ; Commentaire de la décision du 29 décembre 2009 ; Rapport d'information n°300 de Fabienne Keller, fait au nom de la commission des finances Sénat
- ¹³ Article 265 septies du code des douanes
- ¹⁴ Carol Dahl and Thomas Sterner, *Analysing gasoline demand elasticities : a survey*, Energy Economics, 1991
- ¹⁵ Xavier Labandeira, José M.Labeaga and Xiral López-Otero, *A meta-analysis on the price elasticity of energy demand*, European University Institute, Robert Schuman Centre for Advanced Studies, Florence School of Regulation Climate, 2016
- ¹⁶ Nicholas Rivers and Brandon Schaufele, *Carbon Tax Salience and Gasoline Demand*, Université d'Ottawa, 2012
- ¹⁷ Julius Andersson, *Cars, carbon taxes and CO₂ emissions*, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Centre for Climate Change Economics and Policy, 2017
- ¹⁸ S.Li, J.Linn and E.Muehlegger, *Gasoline Taxes and Consumer Behaviour*, American Economic Journal : Economic Policy, 2014
- ¹⁹ W.J Congdon, J.R Kling and S.Mullainathan, *Behavioral Economics and Tax Policy*, National Tax Journal, 2009
- ²⁰ Commission de régulation de l'énergie, Observatoire des marchés de détail de l'électricité et du gaz naturel, 1er trimestre 2018 (données au 31/03/2018)

²¹ Appelé autrefois « super plombé »

²² Le calcul de l'écart-type se fait avec l'estimateur de Newey-West, robuste à l'hétéroscédasticité et à l'autocorrélation des résidus

²³ Les émissions sont calculées à partir des consommations reconstituées à partir des élasticités et les facteurs d'émissions sont ceux utilisés pour calculer les montants de CCE

²⁴ En réalité, la variation est de $100(e^{\beta \Delta p} - 1)$ pourcents mais si le coefficient β est petit, l'approximation est valide

²⁵ Alberto Abadie, Alexis Diamond and Jens Hainmueller, *Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies : Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program*, Journal of the American Statistical Association, 2010

²⁶ Alberto Abadie and Javier Gardeazabal, *The Economic Costs of Conflict : A Case Study of the Basque Country*, American Economic Review, 2003

²⁷ Alberto Abadie, Alexis Diamond and Jens Hainmueller, *Comparative Politics and the Synthetic Control Method*, American Journal of Political Science, 2015

²⁸ Julius Andersson, *Cars, carbon taxes and CO₂ emissions*, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Centre for Climate Change Economics and Policy, 2017

²⁹ Dr. Stewart Elgie, Jessica McClay, *BC's carbon tax shift after five years : results « An Environmental (and Economic) Success Story »*, Université d'Ottawa, 2013

³⁰ Alberto Abadie, Alexis Diamond and Jens Hainmueller, *Synth : An R Package for Synthetic Control Methods in Comparative Case Studies*, Journal of Statistical Software, 2011

³¹ Par exemple, dans l'annexe (« Evaluations préalables » du PLF 2018)

³² Modification introduite par l'article 1^{er} de l'article relative à la transition énergétique de 2015

INFORMATION ET DÉBATS

DERNIERES PARUTIONS

La transition énergétique face au tempo de l'horloge climatique
Christian de Perthuis, Boris Solier

N°56

Prix interne du carbone : pourquoi et comment ?
Raphaël Olivier

N°55

Impact de la production de bois-énergie sur les pratiques sylvicoles en région Provence-Alpes-Côte d'Azur
Pauline CASTAING

N°54

L'accord de Paris : "un passager clandestin" nommé Trump
Christian de PERTHUIS

N°53

Contributions nationales et trajectoires de décarbonation profonde : une approche pragmatique
Patrick CRIQUI, Sandrine MATHY

N°52

Freins à l'adoption de mesures d'atténuation des gaz à effet de serre dans l'agriculture
Marielle BRUNETTE, Caroline ORSET, Camille TEVENART

N°51

Autoconsommation et transfert de richesses entre consommateurs
Olivier REBENAQUE

N°50

Effets des taxes à l'achat et à l'usage des véhicules sur les émissions de CO₂
Bénédicte MEURISSE

N°49

Directeur des publications Information et Débats : Marc Baudry

Les opinions exprimées dans ces documents par les auteurs nommés sont uniquement la responsabilité de ces auteurs.
Ils assument l'entière responsabilité de toute erreur ou omission.

La Chaire Économie du Climat est une initiative de l'Université Paris Dauphine, de la CDC, de Total et d'EDF, sous l'égide de la Fondation Institut Europlace de Finance.