

*Références économiques pour le développement durable*

*n°43, Novembre 2019*

## **Impact du prix du carbone sur les émissions de CO2 Des indices aux preuves**

*La recommandation des économistes en faveur de la mise en place d'un prix du carbone, par le biais d'une écofiscalité incitative ou de marchés de quotas sous contrainte de plafond global d'émissions, procède d'un diagnostic sur le rôle du signal-prix pour orienter les comportements, dont on peut mettre en exergue trois facettes: sur le fait que les émissions sont excessives spontanément parce qu'elles ne coûtent rien à ceux qui en sont à l'origine, contrairement aux actions pour les économiser ; sur le fait qu'un signal-prix appliqué uniformément à l'ensemble de l'économie permet de mobiliser l'ensemble des gisements potentiels de réduction des émissions en commençant par les moins coûteux, ceci permettant de minimiser le sacrifice à opérer sur le pouvoir d'achat pour atteindre tout objectif de réduction des émissions ; et que l'enjeu des politiques d'atténuation est fondamentalement de ré-orienter les modes (ou structures) de production ou de consommation.*

*Cependant, le nombre et le champ limités des expériences d'instauration d'un prix du carbone empêchaient jusqu'à présent d'en mesurer directement les impacts sur les émissions. Ceci est en train de changer et il en ressort que, non seulement, les effets attendus sont au rendez-vous, mais qu'ils doivent être revus à la hausse.*

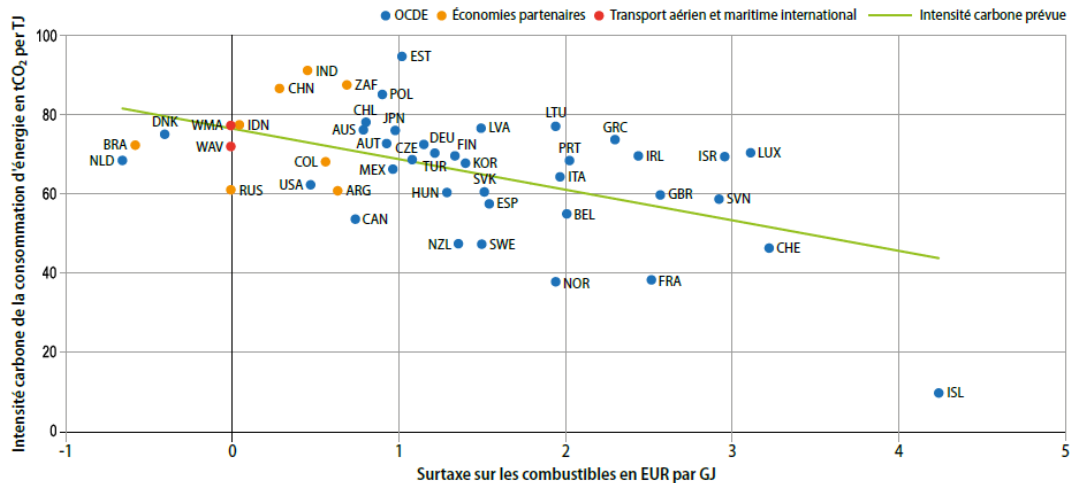
### **Des comparaisons internationales aux simulations des effets de la tarification du carbone**

#### *Comparaisons internationales*

Pour apprécier l'impact du signal-prix sur les émissions de CO<sub>2</sub>, la mise en relation des écarts d'émissions entre pays avec les niveaux effectifs de prix du carbone constitue un premier élément d'appréciation. A cet égard, les travaux de l'OCDE<sup>1</sup> observent bien la corrélation négative attendue, les pays taxant plus l'usage de l'énergie se caractérisant par de moindres émissions.

---

<sup>1</sup> Cf. « Taxer la consommation d'énergie » (2019), dont sont tirés les deux graphiques de ce paragraphe.



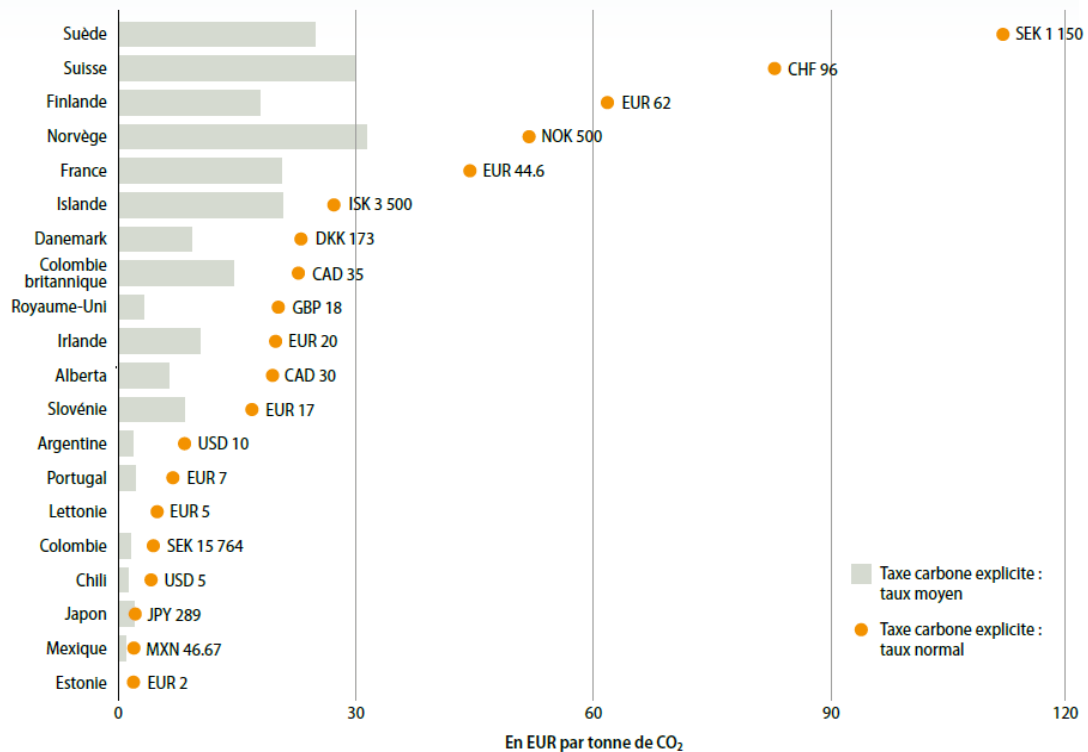
Note : Taux moyens d'imposition calculés à partir des taux applicables au 1er juillet 2018 et des données sur la consommation d'énergie se rapportant à 2016 adaptées de AIE (2018), *Statistiques et bilans énergétiques mondiaux de l'Agence internationale de l'énergie*. Le volume des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie a été établi sur la base des données de l'AIE. Ces chiffres tiennent compte des émissions dues à la combustion de biocarburants et biocombustibles. Il n'a pas été tenu compte des importations d'électricité et de chaleur dans l'établissement des taux moyens d'imposition afin d'éviter la double comptabilisation de ces consommations d'énergie. WAV désigne l'aviation internationale, WMA le transport maritime international.

Source : OCDE (2019), *Taxing Energy Use 2019: Using Taxes For Climate Action*.

Par ailleurs, ils suggèrent, mais *a contrario*, le rôle important qui devrait être assigné à la tarification du carbone si l'on veut tenir les objectifs de l'Accord de Paris, la situation actuelle étant, à l'exception d'une poignée de pays, une sous-tarification généralisée des émissions. De plus, les tarifications existantes sont caractérisées non seulement par des taux insuffisants pour être incitatifs, mais aussi des assiettes trop étroites compte-tenu de l'importance des exemptions.

#### Les taxes carbone explicites ne couvrent pas la totalité des émissions liées à l'énergie

Les territoires et États sont classés par ordre décroissant de taux normal



Note : Taux applicables le 1er juillet 2018. Les volumes d'émission de CO<sub>2</sub> sont calculés à partir des données sur la consommation d'énergie de 2016 tirées de AIE (2018), *Statistiques et bilans énergétiques mondiaux de l'Agence internationale de l'énergie*. Il est tenu compte des émissions dues à la combustion de biocarburants et biocombustibles. Taux convertis en EUR sur la base du cours des changes officiels établi par l'OCDE pour 2018.

Source : OCDE (2019), *Taxing Energy Use 2019: Using Taxes For Climate Action*.

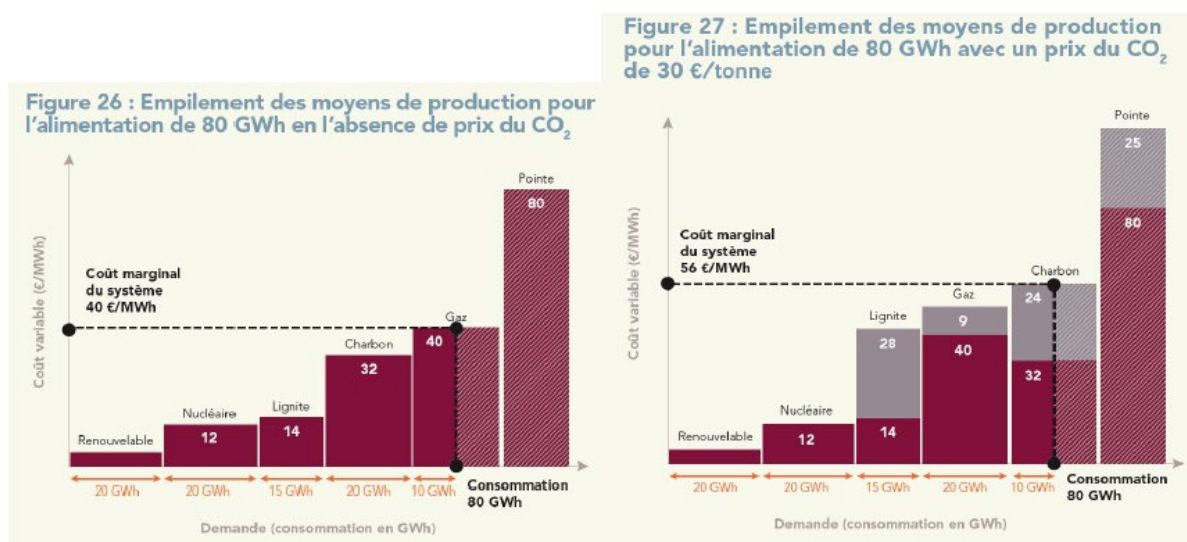
Cependant « corrélation ne valant pas causalité », il convient, pour documenter plus avant l'impact du prix du carbone sur les émissions de CO<sub>2</sub>, de compléter ces constats par des résultats d'études plus spécifiques, de nature à distinguer entre les différents facteurs et fournir des éléments explicatifs.

Les modélisations technico-économiques de secteurs clés pour la transition énergétique, comme l'est le secteur électrique, et les estimations plus globales de modèles de demande d'énergie, des entreprises ou des ménages, permettent ainsi de montrer plus concrètement les mécanismes à l'oeuvre et en évaluer quantitativement les enjeux.

### *Modélisations sectorielles. Exemple de la production d'électricité au niveau européen*

Le mécanisme déterminant<sup>2</sup> des émissions du secteur électrique à court-terme (ie. à parc d'équipements donné) réside dans les écarts de coûts de combustibles des différents types d'équipements. En effet, quel que soit le mode de régulation de ce secteur, le souci est de satisfaire la demande en mobilisant, à chaque instant, les équipements disponibles par ordre de mérite, en utilisant autant que possible les moins couteux en termes de coût d'usage au kWh.

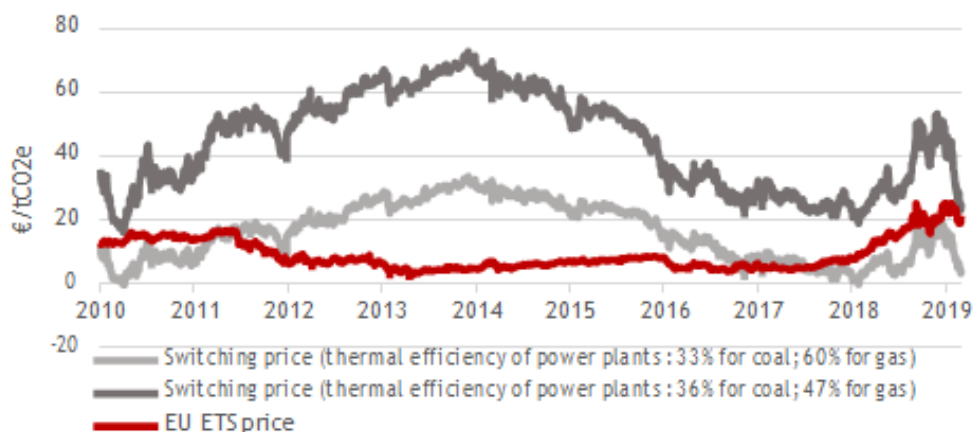
Evidemment la question qui se pose alors est celle des coûts qui sont effectivement pris en compte par les opérateurs pour faire cette analyse. Si seuls les coûts marchands le sont, le charbon reste privilégié par rapport au gaz, même si les émissions par kWh des centrales correspondantes sont plus de deux fois plus élevées que celles des centrales au gaz. La mécanique correspondante est illustrée ci-dessous, avec en perspective le contexte européen, où la part des fossiles dans la production est encore de plus de 40%, donc beaucoup de chemin à parcourir encore pour décarboner ce secteur. Le second schéma illustre comment l'instauration d'un prix du carbone modifie cet ordre de mérite.



Cette mécanique a prévalu sur la période récente où la faiblesse conjuguée du prix des combustibles fossiles et du quota CO<sub>2</sub> sur le marché européen du carbone (EU-ETS) a conduit à restreindre l'appel aux centrales gaz, voire à en fermer certaines, compte-tenu des

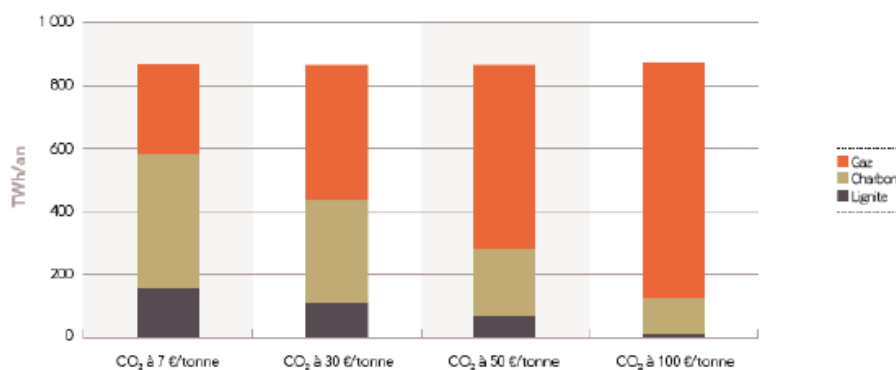
<sup>2</sup> Cf. étude RTE/Ademe : « Signal-prix du CO<sub>2</sub>. Analyse de son impact sur le système électrique européen. » Mars 2016

écarts de ces coûts. A cet égard, le graphique ci-dessous rappelle le prix du carbone qui aurait été nécessaire pour donner la primauté au gaz dans cet ordre de mérite et le coût qui prévalait effectivement, jusqu'à sa remontée récente suite à la réforme de ce marché opérée en 2018 pour limiter l'excès de quotas distribués (source I4CE, « L'état du marché du carbone », 2019).



Pour remettre en ligne les choix des opérateurs avec les enjeux de décarbonation, il faut donc mettre en place un prix du carbone qui, selon son niveau, modifiera cet ordre de mérite et donc le contenu en carbone de l'électricité (cf. graphique ci-dessous. source. Ademe-RTE, op.cit.).

Figure 17 : Production annuelle des centrales au lignite, au charbon et au gaz pour l'ensemble des pays



### Approches économétriques

Par ailleurs, on dispose de nombreuses études économétriques ayant cherché à estimer les élasticité-prix de la demande des combustibles et des carburants. Le tableau ci-dessous reproduit les résultats obtenus par T. Douenne<sup>3</sup> (2018) pour la consommation de carburants des ménages. Les résultats obtenus sont dans la fourchette des autres estimations disponibles, qui généralement trouvent des élasticité de l'ordre de -0,2/-0,3 à court-terme et -0,7 à long-terme.

<sup>3</sup> FAERE WP, 2018-10

L'intérêt de cette étude est que l'estimation d'élasticité-prix est différenciée selon les niveaux de revenus et la localisation, avec des impacts plus élevés au niveau des faibles revenus, ce qui souligne qu'il ne faut pas confondre les impacts sur le pouvoir d'achat et ceux en termes de comportements.

Déciles	Communes rurales	Petites villes	Villes moyennes	Grandes villes	Paris
1	-0,54	-0,55	-0,58	-0,55	-0,49
2	-0,54	-0,54	-0,56	-0,54	-0,45
3	-0,52	-0,53	-0,56	-0,51	-0,47
4	-0,52	-0,51	-0,53	-0,50	-0,44
5	-0,51	-0,50	-0,54	-0,47	-0,42
6	-0,49	-0,50	-0,51	-0,47	-0,36
7	-0,48	-0,46	-0,48	-0,44	-0,41
8	-0,45	-0,44	-0,46	-0,42	-0,34
9	-0,45	-0,42	-0,44	-0,36	-0,29
10	-0,38	-0,37	-0,37	-0,30	-0,17

Ayant estimé ce type d'élasticités-prix, la démarche pour évaluer l'impact d'un prix du carbone sur les émissions de CO<sub>2</sub> consiste à apprécier l'ampleur de la réforme envisagée sur le prix final des produits fossiles, puis d'en déduire les modifications de consommations induites et finalement les émissions associées. La pertinence de l'évaluation dépend de la qualité de l'estimation économétrique, mais aussi de sa capacité à prendre en compte les substitutions entre produits par exemple. Dans tous les cas, on en reste à une logique d'évaluation *ex ante*, mobilisant l'expérience historique dont on dispose sur les comportements, mais impliquant aussi diverses hypothèses pour justifier la spécification du modèle et l'appliquer à des réformes en partie originales.

L'application de méthodes d'évaluation des politiques publiques qui visent à mesurer plus directement l'impact attribuable à un dispositif particulier a apporté de nouvelles estimations, fondées sur l'observation des impacts des politiques effectives de tarification du carbone.

## **Application des méthodes d'évaluation des politiques publiques**

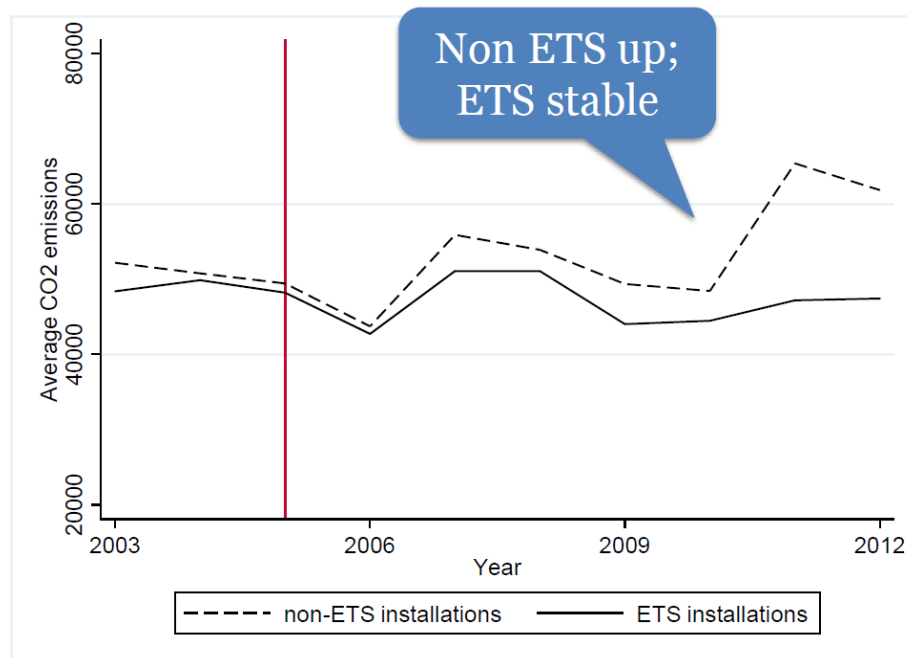
### ***Impact de l'EU-ETS***

De manière générale, ces méthodes d'évaluation sont proches de celles utilisées en épidémiologie pour évaluer l'impact des traitements médicaux. L'idéal (« Gold standard ») est l'essai randomisé, grâce auquel l'application aléatoire du traitement au sein du groupe étudié permet de lever tous les biais et ainsi d'obtenir une mesure directe, attribuable, de son effet. Evidemment, on ne dispose pas d'expériences comparables pour évaluer l'impact de la tarification du carbone sur les comportements. Cependant, il se trouve que dans certains cas, les modalités des politiques publiques font que certains dispositifs s'appliquent ou non à certains agents a priori comparables de manière quasiment aléatoire.

Ceci a permis à Cael et Dechezleprêtre<sup>4</sup> d'obtenir des estimations significatives de l'impact de l'EU-ETS sur les émissions de CO<sub>2</sub>, en dépit du niveau très limité de son prix après la crise de 2008. En effet, les seuils réglementaires font que l'intégration ou non à ce dispositif est quasiment aléatoire pour les établissements dont les capacités de production se situent au voisinage de ceux-ci. L'étude apparie ensuite les entreprises soumises à l'ETS avec des entreprises non soumises présentant des caractéristiques proches, les différences dans l'évolution de leurs émissions permettant d'estimer l'impact propre de ce marché.

Le résultat (cf. schéma) est que l'on peut attribuer ainsi à l'ETS une réduction de l'ordre de 8% des émissions. Les études complémentaires montraient par ailleurs que les entreprises soumises à ce dispositif avaient plus innové sur cette période.

## Emissions after matching



L'intérêt d'une telle étude est d'avoir un niveau de preuve très élevé quant à l'impact de l'ETS sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Mais celui-ci n'est établi que sur la population des entreprises qui se trouvaient au voisinage des seuils, laissant des interrogations sur la possibilité ou non de les extrapoler à une population plus large.

### *L'expérience suédoise revisitée*

Une autre méthode mise en œuvre pour évaluer l'impact attribuable à la mise en place de certains instruments originaux de tarification du carbone consiste à mesurer la différence entre les émissions réalisées suite à leur introduction, par rapport à un « contrefactuel » estimant ce qu'auraient été les émissions en l'absence de tel dispositif, en utilisant au mieux l'information sur les pays les plus comparables, mais n'ayant pas mis en place la politique correspondante.

<sup>4</sup> « Environmental policy and directed technological change : evidence from the European carbon market », The review of economics and statistics, 2016



Ce contrefactuel est construit selon les principes de la « *Synthetic control method* », en combinant : un modèle de prévision des émissions valable à la fois pour le pays, s’il n’avait pas été soumis au dispositif, et pour un ensemble de pays non soumis à un dispositif équivalent ; et des pondérations adéquates de ces pays, estimées pour fournir un agrégat représentatif du comportement du pays avant la mise en place du dispositif. De cette manière on peut exploiter pleinement les comparaisons des évolutions entre le pays qui expérimente le dispositif et les autres, sans postuler d’hypothèses très restrictives de similitude des tendances.

Cette approche a été utilisée pour réévaluer la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> provenant du secteur des transports en Suède entre 1990 et 2005 à la suite de l’instauration d’une taxe sur le carbone et d’une taxe sur la valeur ajoutée (TVA) sur les carburants dans les années 1990-1991. La taxe s’élevait à 30 USD par tonne de CO<sub>2</sub> et a augmenté pour atteindre 132 USD par tonne de CO<sub>2</sub> en 2017. Une TVA de 25% a été ajoutée également en 1990.

Les résultats<sup>5</sup> montrent une réduction des émissions de 11% entre 1990 et 2005, essentiellement attribuable à la taxe carbone.

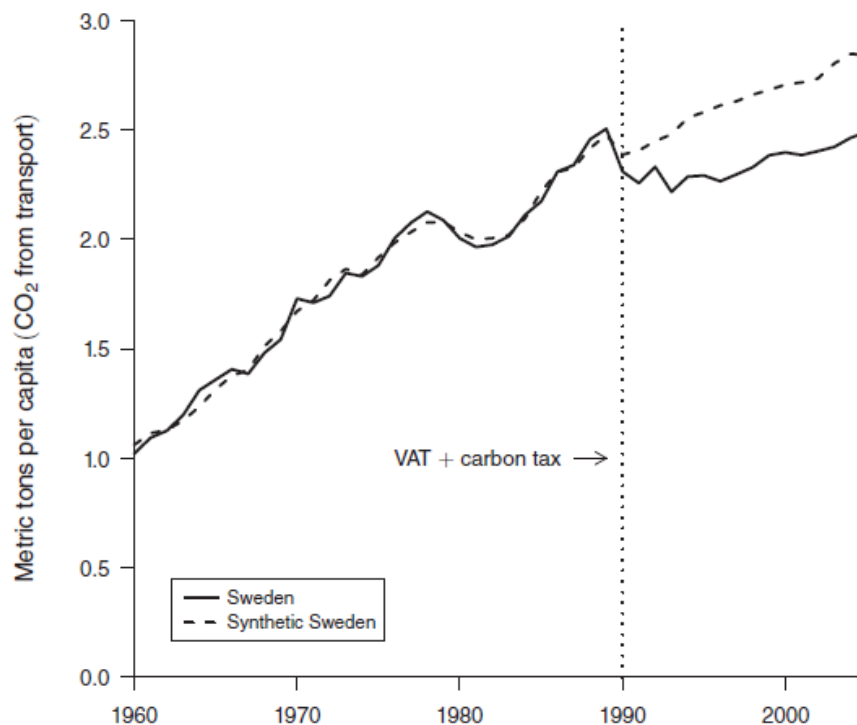


FIGURE 4. PATH PLOT OF PER CAPITA CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM TRANSPORT DURING 1960–2005: SWEDEN VERSUS SYNTHETIC SWEDEN

De plus, cette réduction apparaît essentiellement attribuable à la taxe carbone. A cet égard, l’étude souligne que les impacts ainsi réévalués sont trois fois plus importants que ceux qui étaient estimés par les méthodes de simulations à partir d’élasticités-prix décrites dans la première partie.

<sup>5</sup> J.Andersson, “Carbon taxes and CO<sub>2</sub> emissions: Sweden as a case study”, American Economic Journal: Economic Policy, 2019

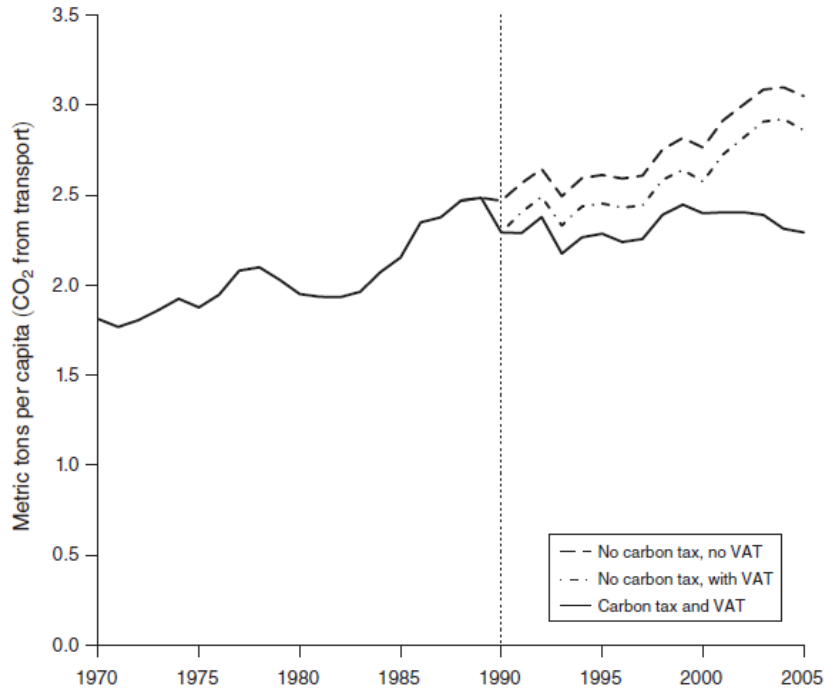
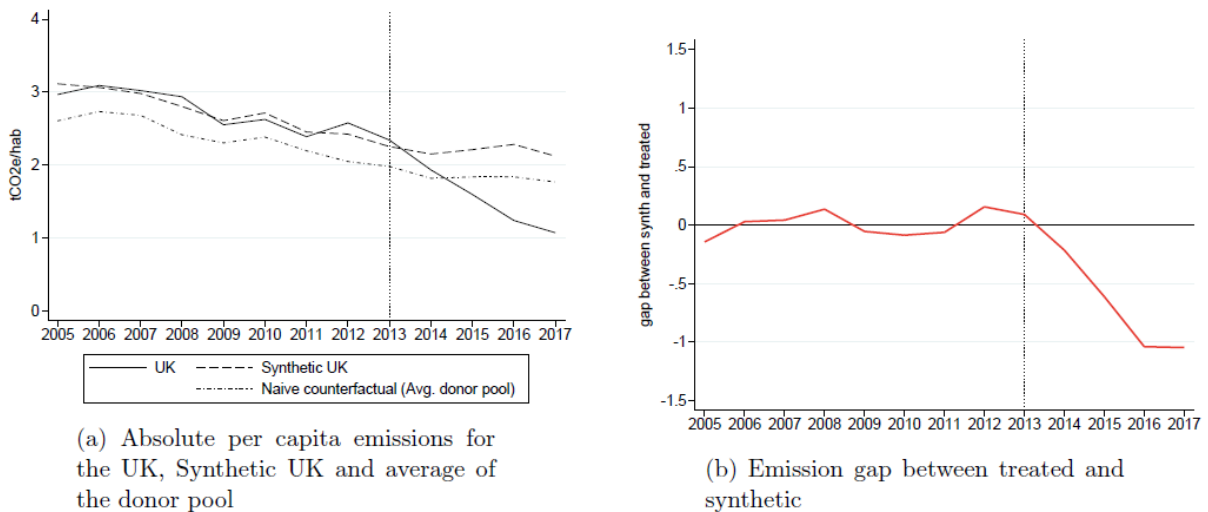


FIGURE 13. DISENTANGLING THE CARBON TAX AND VAT

***Quel instrument a permis de réduire de près de 50% les émissions du secteur électrique britannique entre 2013 et 2017 ?***

L'étude réalisée avec ce même type de méthode par M.Leroutier<sup>6</sup> à propos de la mise en place d'un prix plancher du carbone pour le secteur électrique au Royaume-Uni en 2013 met en exergue des résultats tout aussi spectaculaires. En effet, on peut attribuer à ce dispositif une réduction des émissions de ce secteur, comprise entre -41% et -49%.

Figure 7: UK and Synthetic UK per capita emissions



(a) Absolute per capita emissions for the UK, Synthetic UK and average of the donor pool

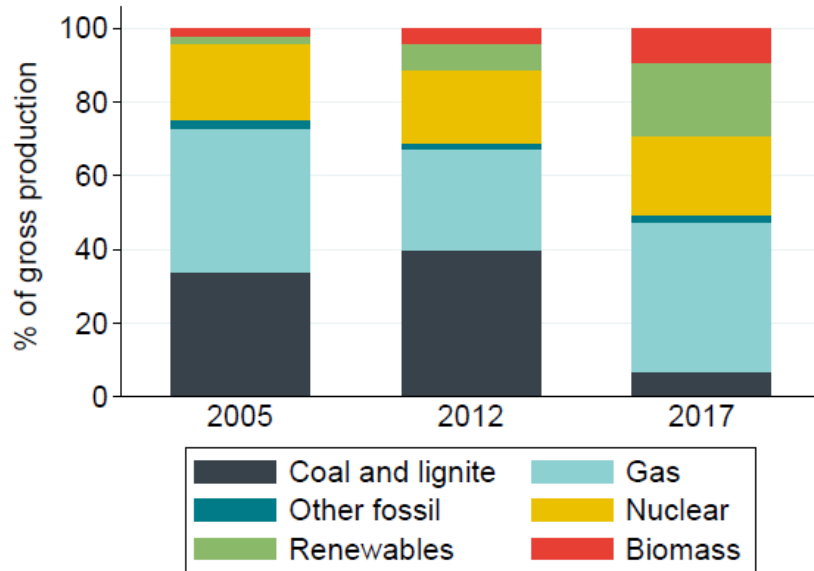
(b) Emission gap between treated and synthetic

<sup>6</sup> « Carbon pricing and power sector decarbonisation : evidence from the UK », FAERE WP 2019-12



En pratique, ce dispositif a permis au Royaume-Uni de sortir du charbon, à un moment où, comme cela a été vu ci-dessus, les signaux de marché poussaient au contraire à l'utiliser massivement.

Figure 5: UK power sector's input fuel mix in 2005, 2012 and 2017



**Conseil économique  
pour le  
développement  
durable**

Tour Sequoia  
92055 La Défense  
Cedex  
Tel. : 01.40.81.21.22

**Directeur de la  
publication**  
Dominique Bureau