HAL open science

Taxe carbone globale, effet taille de marché et mobilité des firmes

Nelly Exbrayat, Carl Gaigné, Stéphane Riou

To cite this version:

Nelly Exbrayat, Carl Gaigné, Stéphane Riou. Taxe carbone globale, effet taille de marché et mobilité des firmes. [University works] auto-saisine. 2013, 20 p. hal-01208855

HAL Id: hal-01208855

https://hal.science/hal-01208855v1

Submitted on 6 Jun 2020

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

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

Working Papers SMART - LERECO

Taxe carbone globale, effet taille de marché et mobilité des firmes

Nelly EXBRAYAT, Carl GAIGNÉ, Stéphane RIOU

Working Paper SMART – LERECO N°13-01

February 2013

UMR INRA-Agrocampus Ouest **SMART** (Structures et Marchés Agricoles, Ressources et Territoires)

UR INRA **LERECO** (Laboratoires d'Etudes et de Recherches en Economie)

Les Working Papers SMART-LERECO ont pour vocation de diffuser les recherches conduites au sein des unités SMART et LERECO dans une forme préliminaire permettant la discussion et avant publication définitive. Selon les cas, il s'agit de travaux qui ont été acceptés ou ont déjà fait l'objet d'une présentation lors d'une conférence scientifique nationale ou internationale, qui ont été soumis pour publication dans une revue académique à comité de lecture, ou encore qui constituent un chapitre d'ouvrage académique. Bien que non revus par les pairs, chaque working paper a fait l'objet d'une relecture interne par un des scientifiques de SMART ou du LERECO et par l'un des deux éditeurs de la série. Les Working Papers SMART-LERECO n'engagent cependant que leurs auteurs.

The SMART-LERECO Working Papers are meant to promote discussion by disseminating the research of the SMART and LERECO members in a preliminary form and before their final publication. They may be papers which have been accepted or already presented in a national or international scientific conference, articles which have been submitted to a peer-reviewed academic journal, or chapters of an academic book. While not peer-reviewed, each of them has been read over by one of the scientists of SMART or LERECO and by one of the two editors of the series. However, the views expressed in the SMART-LERECO Working Papers are solely those of their authors.

Taxe carbone globale, effet taille de marché et mobilité des firmes

Nelly EXBRAYAT

Universités de Lyon et Jean Monnet Saint-Etienne, GATE, 42023 Saint-Etienne, France

Carl GAIGNÉ

INRA, UMR1302 SMART, F-35000 Rennes, France
Université Laval, CREATE, Québec (Canada)

Stéphane RIOU

Universités de Lyon et Jean Monnet Saint-Etienne, GATE, 42023 Saint-Etienne, France

Auteur pour la correspondance / Corresponding author

Carl GAIGNÉ
INRA, UMR SMART
4 allée Adolphe Bobierre, CS 61103
35011 Rennes cedex, France
Email:carl.gaigne@rennes.inra.fr
Téléphone / Phone: +33 (0)2 23 48 56 08
Fax: +33 (0)2 23 48 53 80

Les Working Papers SMART-LERECO n'engagent que leurs auteurs.
The views expressed in the SMART-LERECO Working Papers are solely those of their authors

Taxe carbone globale, effet taille de marché et mobilité des firmes

Résumé

Nous analysons l'impact et les déterminants d'une taxe carbone globale maximisant le bien-être social dans une économie imparfaitement intégrée composée de pays de tailles différentes. A l'aide d'un modèle de commerce international avec mobilité du capital, nous montrons tout d'abord que la concentration de firmes dans le pays disposant d'un avantage de taille de marché accroît les émissions totales de CO_2. L'introduction d'une taxe carbone globale conduit alors à des délocalisations de firmes du grand pays vers le petit pays de sorte que même fixée à un taux unique, une fiscalité carbone ne serait pas neutre du point de vue de la géographie économique mondiale. Enfin, parce qu'elles conduisent à une réduction des émissions mondiales de CO_2, ces relocalisations améliorent l'efficacité environnementale de la taxe carbone.

Mots-clefs : gaz à effet de serre, GES, taxe carbone, commerce international, localisation des firmes, efficacité environnementale

Classifications JEL : F2, Q5

Global carbon tax, home market effect and firm mobility

Abstract

We analyze the impact and the determinants of a global carbon tax maximizing social welfare in an imperfectly integrated economy. Using a model of trade and location with two countries with different population size, we first show that agglomeration of firms in the larger country raises total CO_2 emissions. Nevertheless, the introduction of a global carbon tax induces a partial relocation of firms from the larger to the smaller country. Thus, even though the carbon tax is identical in both countries, environmental taxation is not neutral for the location of economic activity. Finally, this partial relocation of firms in the smaller country improves the ability of the carbon tax to reduce total CO_2 emissions.

Keywords: green house gas, GHG, carbon tax, international trade, firm location, environmental efficiency

JEL classifications: F2, Q5

Taxe carbone globale, effet taille de marché et mobilité des firmes

« A uniform incremental CO_2 tax would introduce an incentive, worldwide, to reduce carbon emissions. [...] The universal presence of the tax will also avoid geographic relocation of industries to avoid the tax – a potential problem under the Kyoto Protocol and its extensions – except where such relocation is in fact economically efficient. »
(R. N. Cooper, 2006, p. 6-7)

1 Introduction

Le précédent rapport du GIEC (2007) fait état d'une augmentation annuelle de 80% des émissions de dioxyde de carbone (CO_2) de 1970 à 2004.[1] Face aux changements climatiques qui s'ensuivent, nombreux sont les économistes (Mankiw (2007) et Nordhaus (2006), entre autres) qui se sont récemment prononcés en faveur de l'application d'une taxe carbone unique dans les principaux pays pollueurs pour deux raisons majeures.

D'une part, la qualité atmosphérique étant un bien public mondial, son contrôle doit relever d'une autorité supranationale pour que soient pris en compte les effets de débordements associés à la pollution de chaque pays. D'autre part, la non-coordination des politiques environnementales encouragerait les firmes à relocaliser leurs activités dans les pays les plus laxistes en matière de politique environnementale pour exporter le bien fini dans les autres pays, contribuant *in fine* à une possible augmentation des émissions à l'échelle planétaire.[2] Selon Cooper (2006) (cf. citation), la mise en place d'une taxe carbone unique, en harmonisant les politiques environnementales nationales, pourrait éviter de telles relocalisations pour des motifs purement fiscaux.[3]

Notre article s'interroge sur les fondements théoriques de ce dernier argument. L'unicité d'une taxe carbone suffit-elle à éviter la relocalisation d'industries pour motifs fiscaux ? Par ailleurs, la mobilité des entreprises polluantes nécessite-t-elle de taxer plus ou moins lourdement les émissions ?

[1] Le CO_2 représentait 77% des émissions de gaz à effet de serre en 2004.

[2] La relation entre commerce international et environnement fait l'objet d'une vaste littérature. Nous renvoyons le lecteur intéressé à Sturm (2003), Jeppesen *et al.* (2002) et Copeland et Taylor (2003).

[3] Outre les arguments invoqués ici, il existe un débat animé concernant l'éventuelle supériorité d'une taxe carbone relativement aux marchés de droits à polluer. Nous renvoyons le lecteur intéressé à Schubert (2009) pour une synthèse des principaux arguments.

Pour répondre à ces questions, nous nous plaçons d'emblée dans un cadre où une autorité régulatrice supranationale a pleine compétence en matière de fiscalité environnementale.[4] Nous développons un modèle d'économie géographique et étudions l'impact et les déterminants d'une taxe carbone globale dans une économie composée de deux pays imparfaitement intégrés et de tailles inégales. Les firmes mobiles produisent à rendements croissants, subissent des coûts d'échange à l'exportation, et leur activité de production génère des émissions de CO_2 taxées par l'autorité supranationale.[5] Nous montrons d'abord que la concentration de firmes dans le pays disposant d'un avantage de taille de marché –exacerbée par le déclin des coûts d'échange– accroît les émissions totales de CO_2. Toutefois, l'introduction d'une taxe carbone globale conduit à un redéploiement du grand pays vers le petit pays. Autrement dit, une taxe carbone, même unique, affecterait la géographie économique. Cette nouvelle géographie économique étant moins génératrice d'émissions, le niveau optimal de taxation du carbone devrait dépendre de la propension à la mobilité des industries.

Cet article s'inscrit dans le prolongement de la littérature relative à la fiscalité environnementale optimale en concurrence imparfaite. Les premières contributions généralisent le modèle de dumping réciproque en endogénéisant le nombre d'unités de production (Markusen *et al.* 1993 ; Motta et Thisse 1994). Les firmes, supposées immobiles géographiquement, peuvent réagir à un durcissement de la politique environnementale par la fermeture d'usines. La décentralisation de la politique environnementale amène alors les gouvernements à opter, suivant le niveau de désutilité associé à la pollution, soit pour une stratégie de dumping environnemental, soit pour une stratégie de type *Not In My Back Yard* (Markusen *et al.*, 1995).[6] Des contributions récentes ont enrichi ces modèles en relâchant l'hypothèse d'immobilité des firmes, à l'aide de modèles d'économie géographique. En intégrant les principaux déterminants aux choix de localisation tels que la taille de marché, ces travaux tendent à relativiser la pertinence de l'hypothèse de havre de pollution selon laquelle, sous l'effet de la mondialisation, les industries polluantes

[4] La question de la faisabilité et de l'acceptabilité par les gouvernements nationaux d'une telle organisation dépasse le cadre de cet article. Son traitement nécessiterait de considérer en amont un système de taxation décentralisée (voir Cheikbossian, 2010).

[5] Ce corpus théorique présente l'avantage d'être relativement conforme aux principaux faits stylisés relatifs aux firmes les plus polluantes. En effet, ces dernières subissent souvent à la fois des coûts fixes et des coûts de transport importants (*e.g.*, pétrole, produits chimiques, métaux, automobiles, etc.).

[6] Ces résultats ont été généralisés par Rauscher (1995) et Hoel (1997), à l'aide d'une simplification du modèle de Markusen *et al.* (1995) et sous des hypothèses moins restrictives.

tendraient à se déplacer vers les pays les plus laxistes en matière de politique environnementale. Ainsi, Zeng et Zhao (2009) montrent que l'existence d'une asymétrie de taille de marché peut atténuer l'effet de havre de pollution. D'autres travaux concluent à une relocalisation seulement partielle des activités dans le pays le plus laxiste en matière de contrôle des émissions (Sanna-Randaccio et Sestini, 2010 ; Ishikawa et Okubo, 2008). A notre connaissance, seul Pflüger (2001) endogénéise les choix de la politique environnementale. Toutefois, il considère des pays identiques si bien que la mobilité des firmes n'a aucun impact sur la taxe optimale, et celle-ci n'affecte pas les choix de localisation. Nous verrons dans ce qui suit que les interactions entre la mobilité du capital et la présence d'économies d'échelle sont importantes pour évaluer l'efficacité d'une taxe carbone globale.

L'article s'articule comme suit. La section suivante décrit le modèle. Les sections 3 et 4 présentent respectivement les résultats dans le cas où les firmes sont immobiles puis dans le cas où elles sont mobiles. La section 5 conclut.

2 Le modèle

Le modèle proposé correspond à une généralisation du modèle de dumping réciproque de Brander et Krugman (1983) et de Cheikbossian (2010) avec l'introduction d'une pollution due à l'activité de production de n firmes mobiles en oligopole.[7] L'économie est composée de deux pays notés $i = 1, 2$ accueillant chacun une part σ_i de la population totale (L). On suppose par la suite que le pays 1 est le plus peuplé ($\sigma_1 > 1/2 > \sigma_2$). Les résidents sont immobiles géographiquement et sont dotés chacun d'une unité de travail et de K/L unités de capital, où K est le stock mondial de capital. Le capital est investi dans le pays procurant le meilleur rendement mais sa rémunération est dépensée dans le pays de résidence du propriétaire.

2.1 Consommateurs

Les consommateurs de chaque pays partagent la même fonction d'utilité quadratique :

$$u_i \equiv a x_i - \frac{\beta}{2} x_i^2 + z_i \ \forall\, i = 1, 2$$

où x_i et z_i sont les consommations individuelles en biens x et z, et avec $a > \beta > 1$. Le bien

[7] Voir Haufler et Wooton (2010) pour une première généralisation du modèle de Brander et Krugman (1983).

x est produit dans un secteur oligopolistique à partir d'une technologie polluante. Précisément, une unité produite de bien x engendre une unité d'émission d'équivalent CO_2, et la pollution est supposée globale. Le bien z, considéré comme numéraire et dont le prix est normalisé à 1, est au contraire non polluant.

Chaque unité de CO_2 émise par une firme est imposée par une autorité centrale au taux t, et le revenu de la taxation est redistribué de manière forfaitaire et égalitaire entre tous les individus. Par ailleurs, le bien z est produit dans un secteur en concurrence parfaite dans chaque pays et exporté sans coûts d'échange. En supposant qu'une unité de travail est nécessaire pour produire une unité de ce bien et que les résidents travaillent dans le secteur de leur choix, il vient que le salaire est égalisé à 1 dans l'ensemble de l'économie.[8] Le revenu individuel est donc donné par :

$$y_i = 1 + \bar{r}\frac{K}{L} + \frac{t(Q_1 + Q_2)}{L} + z_0 \;\forall\, i = 1, 2 \tag{1}$$

avec z_0 la dotation initiale en numéraire (supposée suffisamment grande), $\bar{r}$ le rendement net mondial du capital à l'équilibre de localisation, tandis que Q_1 et Q_2 correspondent respectivement aux émissions polluantes (ou, de manière équivalente, aux quantités de bien *x*) produites dans les pays 1 et 2.

Pour déterminer les demandes de bien, on suppose que la pollution et donc la redistribution des recettes de la taxe sont perçues comme exogènes par les consommateurs, comme dans Markusen *et al.* (1993 ; 1995), Pflüger (2001) ou bien encore Ishikawa et Okubo (2008). La maximisation de l'utilité, sous contrainte budgétaire donnée par $y_i = p_i x_i + z_i$ (où p_i représente le prix du bien x dans le pays *i*), conduit à la fonction de demande inverse agrégée suivante pour ce pays :

$$p_i = a - \frac{\beta X_i}{\sigma_i L} \tag{2}$$

[8] Ce résultat tient dès lors que le secteur numéraire est actif dans les deux pays, *i.e.*, dès lors que $L\sigma_1 < Lz_i$ (la production de numéraire dans le grand pays est insuffisante pour satisfaire la demande mondiale) et $\sigma_1 L > n$ (l'agglomération complète des firmes du secteur industriel dans le grand pays ne permettrait pas la réalisation de l'équilibre sur le marché du travail). Ces conditions sont supposées vérifiées par la suite.

2.2 Les entreprises du secteur polluant

Le secteur oligopolistique est formé de n firmes qui se font concurrence à la Cournot. La production nécessite une unité de capital ainsi qu'un besoin marginal en travail que nous normalisons à 1 sans perte de généralités.[9] En raison de coûts d'implantation importants, ces firmes sont mono-établissement et desservent chacun des deux marchés à partir d'une seule localisation. L'exportation de bien x conduit à un coût d'échange de τ unités de numéraire par unité de bien transporté entre les deux pays.[10] Les marchés étant segmentés, chaque firme déterminera donc une quantité spécifique pour chacun des deux pays dans le cas où le commerce est bilatéral.

Les profits nets réalisés par une firme implantée dans le pays i sont donnés par :

$$\pi_i = (p_i - 1 - t)x_{ii} + (p_j - 1 - \tau - t)x_{ij} - r_i \tag{3}$$

où x_{ii} (respectivement x_{ij}) représente les quantités demandées à la firme implantée dans le pays i par les résidents du pays i (respectivement j). Après maximisation de (3) et sachant la fonction de demande inverse (2), on obtient les conditions de premier ordre suivantes :

$$x_{ii} = \frac{\sigma_i L}{\beta}(p_i - 1 - t) \text{ et } x_{ij} = \frac{\sigma_j L}{\beta}(p_j - 1 - \tau - t) \tag{4}$$

La condition d'apurement sur le marché du bien x est alors donnée par $X_i = n_i x_{ii} + n_j x_{ji}$ où n_i est le nombre de firmes implantées dans le pays i et X_i est implicitement donnée par (2). En remplaçant les quantités par leurs valeurs d'équilibre dans la condition d'apurement du marché du bien *x*, on obtient le prix d'équilibre qui égalise l'offre et la demande dans ce pays :

$$p_i^* = \frac{a + n(t+1) + n_j \tau}{n+1} \tag{5}$$

et les quantités offertes aux prix d'équilibre :

$$x_{ii}^* = L\sigma_i \frac{a - t - 1 + \tau n_j}{\beta(n+1)} \quad \text{et} \quad x_{ij}^* = L\sigma_j \frac{a - t - 1 - \tau(n_j + 1)}{\beta(n+1)}$$

[9] Il y a donc une correspondance parfaite entre le stock total de capital K et la masse totale de firmes n. De même, la localisation des capitaux correspond à celle des firmes polluantes.

[10] Les coûts d'échange doivent être entendus ici comme l'ensemble des coûts de transport, des coûts d'assurance et administratifs ainsi que les barrières douanières.

A l'équilibre du marché du capital, le nombre total de firmes est égal à K et les profits sont totalement absorbés dans la rémunération du capital, de sorte que le rendement de chaque unité de capital investie dans le pays i vaut :

$$r_i^* = \frac{\sigma_i L}{\beta}\left(p_i^* - 1 - t\right)^2 + \frac{\sigma_j L}{\beta}\left(p_j^* - 1 - \tau - t\right)^2 \tag{6}$$

A localisation donnée, l'imposition d'une taxe carbone globale engendre deux effets sur le rendement du capital. Le premier est direct et correspond classiquement à une augmentation du coût marginal de production. Le second est une incidence fiscale. L'imposition restreignant les quantités produites, les prix s'élèvent sur chaque marché, augmentant la valeur du capital. L'effet net sur le rendement relatif des deux marchés est étudié plus loin lorsque nous dérivons l'équilibre de localisation et étudions sa sensibilité au niveau de taxation.

A ce stade, et afin de se concentrer sur le cas le plus intéressant d'existence de commerce bilatéral, nous devons nous assurer que les coûts d'échange sont suffisamment faibles de sorte que $x_{ij}^* > 0$ et $x_{ji}^* > 0$. Cette condition, que nous supposons vérifiée par la suite, s'écrit $\tau < \tau_{trade} \equiv \left(a - t - 1\right)/\left(n + 1\right)$.[11]

3 Localisation, coûts d'échange et pollution en l'absence de mobilité du capital

Nous pouvons désormais établir un certain nombre de relations entre, d'une part, le niveau de pollution émanant de la production et, d'autre part, la distribution spatiale des firmes et la valeur des coûts d'échange. Notons que l'analyse qui suit est de court-terme en ce sens que nous supposons, pour le moment, une parfaite indépendance de la localisation des firmes à la taxation environnementale et aux coûts d'échange.

A l'équilibre de marché, le niveau total de production et donc d'émissions dans le pays i est donné par :

$$Q_i^* = n_i L \frac{a - t - 1 - \tau\sigma_j + n_j \tau\left(\sigma_i - \sigma_j\right)}{\beta\left(1 + n\right)} \tag{7}$$

[11] Cela revient à définir un niveau de τ tel que du commerce bilatéral pourrait se réaliser alors même que toutes les firmes seraient localisées dans un seul pays. De façon équivalente, on peut définir un niveau seuil de taxation en-dessous duquel seulement, il y aura commerce bilatéral : $t < t_{trade} \equiv a - 1 - \tau\left(n + 1\right)$.

si bien que la production par firme est plus élevé dans le grand pays ($Q_1^* / n_1 > Q_2^* / n_2$). L'augmentation du nombre de firmes implantées en i –caractérisée par une hausse de n_i et une baisse de n_j – génère deux effets contradictoires sur les émissions nationales. Le premier est d'aggraver le dommage environnemental causé par le pays i. A niveau de production individuelle donné, l'implantation de nouvelles firmes équivaut à une augmentation des sources de pollution. Néanmoins, un plus grand nombre de producteurs étant localisés sur le marché i, la concurrence en quantité y devient plus vive et les niveaux de production et d'émissions individuels ($x_{ii}^* + x_{ij}^*$) diminuent.[12] Chacun de ces deux effets étant évidemment de sens opposés pour le pays j, l'effet en terme de pollution globale est donc *a priori* ambigu. Notons enfin la place centrale qu'occupent les coûts d'échange (τ) dans ce modèle en conditionnant ces effets. Ainsi, dans un modèle sans coûts d'échange tels que celui de Cheikbossian (2010), seule la taille du marché mondial influence les émissions totales si bien que la taxe globale est indépendante de la localisation de la demande et de la production.

Notons λ la part de firmes localisées dans le pays 1 où le nombre de consommateurs est le plus élevé et Q_T^* le niveau agrégé de production et d'émissions des deux pays. Il vient alors :

$$Q_T^* = Ln \frac{a - t - 1 - \sigma_1 \tau + \lambda \tau (\sigma_1 - \sigma_2)}{\beta (n+1)} \tag{8}$$

Ainsi, dès lors qu'il existe une asymétrie de taille de marché ($\sigma_1 > \sigma_2$) et des coûts d'échange positifs ($\tau > 0$), les choix de localisation ne sont pas neutres d'un point de vue environnemental puisque la pollution globale est une fonction croissante du nombre de firmes implantées sur le plus grand marché ($dQ_T^* / d\lambda > 0$). Suite à une entrée de firmes dans le pays 1, la diminution des quantités individuelles produites en 1 et du nombre de firmes localisées en 2 est donc plus que compensée par l'augmentation du nombre de firmes polluantes en 1 et des quantités individuelles produites en 2.

[12] Précisément, la production destinée au marché étranger (x_{ij}^*) augmente sous l'effet d'une moindre concurrence, mais celle destinée au marché domestique (x_{ii}^*) diminue encore plus fortement car la marge bénéficiaire y est plus élevée.

La baisse des coûts d'échange génère aussi deux effets contradictoires sur les émissions. En effet, après insertion de (5) dans (4), nous vérifions que :

$$\frac{dx_{ii}^*}{d\tau} > 0,\ \frac{dx_{ij}^*}{d\tau} < 0 \text{ et } \frac{dx_{ji}^*}{d\tau} < 0$$

Plus précisément, le commerce étant facilité (baisse du paramètre τ), chaque firme domestique fait face à une plus grande concurrence en quantité et ajuste sa production domestique à la baisse. Inversement, les quantités vendues à l'export s'ajustent à la hausse. L'effet net sur la pollution globale est donné par :

$$\frac{dQ_T^*}{d\tau} = Ln\frac{\lambda(\sigma_1 - \sigma_2) - \sigma_1}{\beta(n+1)} < 0 \tag{9}$$

de sorte que consécutivement, par exemple, à une intégration commerciale plus intense entre les deux pays, le surcroît d'émissions émanant de l'augmentation de la production à l'export domine le gain environnemental lié à la baisse de production pour le marché domestique. Dans ce qui suit, nous identifions un troisième effet d'une baisse des coûts d'échange. Ce dernier est propre au modèle d'économie géographique proposé qui combine asymétrie de taille de marché et mobilité des firmes.

4 Dommage environnemental et taxation centralisée en présence de mobilité du capital

Dans la section qui précède, nous avons considéré la distribution spatiale des firmes ou du capital comme exogène. Dans ce qui suit, nous montrons que cette hypothèse est loin d'être neutre pour l'analyse des effets de la mondialisation et du commerce international sur l'environnement et, par incidence, pour l'analyse des propriétés d'une taxe carbone harmonisée.

La résolution du modèle équivaut à résoudre un jeu en 3 étapes. L'autorité régulatrice supranationale est leader en Stackelberg et décide donc en première étape du niveau de taxe t qui maximise le bien-être social. En seconde étape, le capital se localise dans le pays offrant le meilleur rendement net. En dernière étape, les firmes et consommateurs décident de leurs niveaux de production et de consommation. La résolution se fait par induction à rebours. La dernière étape du jeu ayant été résolue dans la section précédente, seules les étapes 1 et 2 sont considérées ci-après.

4.1 Équilibre de localisation

L'équilibre de localisation du capital et donc des firmes est atteint lorsqu'aucun détenteur de capital ne peut espérer obtenir un rendement net supérieur à celui dont il bénéficie dans le pays où son capital est investi. Formellement, cet équilibre est tel que $r_1^*(\lambda) = r_2^*(\lambda) = \bar{r}$ si bien que la répartition d'équilibre du capital et des firmes est donnée par :

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \frac{2(a-1-t)-\tau}{n\tau} \tag{10}$$

Cet équilibre est unique et stable car $r_1(\lambda) - r_2(\lambda)$ décroît de manière continue quand λ varie de 0 à 1. Ainsi, à l'équilibre de localisation, le nombre de firmes implantées dans les pays 1 et 2 vaut respectivement $n_1 = \bar{\lambda} n$ et $n_2 = (1-\bar{\lambda})n$.

Plusieurs commentaires s'imposent ici. Il est d'abord aisé de vérifier que pour toute valeur de t compatible avec du commerce bilatéral ($\tau < \tau_{trade}$), l'équilibre de localisation est caractérisé par un effet de taille de marché (« *home market effect* ») : la part de firmes accueillies dans le grand pays est plus que proportionnelle à la part de sa population dans la population totale ($\bar{\lambda} > \sigma_1$).[13] Ensuite, à niveau de taxe donné, l'ampleur de cet effet de taille de marché croît avec la baisse des coûts d'échange de sorte qu'au-dessus d'un certain degré d'intégration la totalité de l'industrie oligopolistique peut être localisée dans le grand pays. En d'autres termes, plus l'accès aux marchés extérieurs est aisé, plus il est avantageux de se localiser au sein du plus vaste d'entre eux afin de profiter pleinement des rendements croissants. Enfin, on observe facilement que, même fixée à un taux unique pour les deux pays, l'introduction d'une taxe environnementale distord les choix de localisation puisque $d\lambda / dt < 0$ dès lors que $\sigma_1 > \sigma_2$.

> **PROPOSITION 1.** *Soit une industrie polluante produisant en rendements croissants et soumise à une taxe carbone parfaitement harmonisée internationalement. En présence de deux pays imparfaitement intégrés et de taille différente, l'introduction d'une telle taxe à un taux positif conduit à des délocalisations de firmes du grand pays vers le petit pays.*

Ce résultat s'explique de la manière suivante. La fiscalité sur les émissions équivaut à une taxation des quantités produites par chaque firme. Celles-ci étant plus élevées dans le pays 1 du fait de sa plus grande taille de marché (rappelons que la production par firme y est plus élevée), les firmes qui y sont implantées supportent une charge fiscale plus élevée même si le taux est

[13] Plus généralement, on retrouve ce type d'effet dans les modèles d'économie géographique qui combinent rendements croissants, mobilité du capital (et/ou des travailleurs) et coûts d'échange positifs.

identique à celui appliqué dans le pays 2.[14] Ce résultat a une implication forte concernant la capacité de la taxe carbone à réduire les niveaux d'émissions. En effet, nous avons :

$$\frac{dQ_T}{dt} = \frac{\partial Q_T}{\partial t} + \frac{\partial Q_T}{\partial \overline{\lambda}} \frac{\partial \overline{\lambda}}{\partial t}$$

La mobilité des firmes modifie donc la nature et l'ampleur de l'impact de la taxation environnementale sur le niveau global d'émissions. A l'effet d'internalisation du dommage environnemental conduisant les firmes à diminuer leurs quantités produites ($\partial Q_T / \partial t < 0$) s'ajoute un second effet lié au redéploiement de l'industrie dans le petit pays (cf. proposition 1). Ce redéploiement conduit à une géographie économique moins défavorable à l'environnement ($\partial Q_T / \partial \overline{\lambda} > 0$ et $\partial \overline{\lambda} / \partial t < 0$). Pour mieux s'en rendre compte, il suffit d'introduire (10) dans (8). Les quantités produites à l'équilibre de localisation s'écrivent alors :

$$\overline{Q_T} = \frac{[n + (\sigma_1 - \sigma_2)^2] L (2a - 2t - \tau - 2)}{2\beta(n+1)} \tag{11}$$

En dérivant ensuite l'équation (11) par rapport à *t*, on obtient :

$$\frac{d\overline{Q_T}}{dt} = -L \frac{n + (\sigma_1 - \sigma_2)^2}{\beta(n+1)} \tag{12}$$

et on vérifie aisément que $d\overline{Q_T} / dt < dQ_T^* / dt$. Nous résumons ce résultat par la proposition suivante.

PROPOSITION 2. *Une variation marginale et positive de* t *est plus efficace d'un point de vue environnemental si l'industrie polluante a une forte propension à la mobilité.*

Enfin, en comparant (11) et (8), il apparaît clairement que l'hypothèse de localisations endogènes induit un nouveau mécanisme par lequel le niveau des coûts d'échange influence les émissions. Pour une distribution spatiale donnée des firmes, une baisse graduelle des coûts d'échange induit un surcroît d'émissions en élevant le niveau de production à l'export. Comme $d\lambda / d\tau < 0$ et $dQ_T / d\lambda > 0$, il vient que la baisse des coûts d'échange, combinée à la mobilité des firmes, influence aussi le dommage environnemental en favorisant une géographie économique plus agglomérée et davantage génératrice d'émissions.

[14] L'effet de taille de marché est bien entendu amplifié si l'autorité régulatrice décide de subventionner la production ($t < 0$).

4.2 Politique de taxation centralisée

Dans cette section nous déterminons la taxe optimale $\bar{t}$ fixée par l'autorité supranationale en première étape. L'autorité régulatrice anticipe parfaitement les choix de localisation (étape 2) et les quantités produites et consommées (étape 3). Elle a pour objectif la maximisation du bien être social, c'est-à-dire les utilités indirectes agrégées diminuées du dommage environnemental $\gamma(Q_i + Q_j)$, où γ mesure le dommage marginal engendré par le réchauffement climatique.[15]

Formellement, la fonction de bien-être agrégé est la suivante :

$$\overline{W_T} = \sigma_1 L\bar{S}_1 + \sigma_2 L\bar{S}_2 - \gamma\overline{Q_T} + t\overline{Q_T} + \bar{r}n + L \tag{13}$$

Les deux premiers termes de cette fonction donnent le surplus des consommateurs des deux pays, le troisième correspond au dommage environnemental, la redistribution forfaitaire du produit de la taxation est donnée par $t\overline{Q_T}$ et $\bar{r}n$ définit les revenus totaux du capital.[16]

En dérivant (13) par rapport à t, il vient la condition de premier ordre :

$$\frac{d\overline{W_T}}{dt} = \underbrace{\sigma_1 L\frac{d\bar{S}_1}{dt} + \sigma_2 L\frac{d\bar{S}_2}{dt}}_{-} - \gamma\underbrace{\frac{d\overline{Q_T}}{dt}}_{-} + \underbrace{t\frac{d\overline{Q_T}}{dt} + \overline{Q_T}}_{+\text{ ou }-} + \underbrace{n\frac{\bar{r}}{dt}}_{-} = 0$$

En posant $\sigma_1 = \sigma$ et $\sigma_2 = 1 - \sigma$, on obtient alors la taxe optimale suivante :[17]

$$\bar{t} = \frac{2n\sigma(\sigma-1)(2a-\tau-2)}{n[n+2(2\sigma-1)^2]+(2\sigma-1)^2} + \gamma\frac{(n+1)[n+(2\sigma-1)^2]}{(2\sigma-1)^2(2n+1)+n^2} \tag{14}$$

Le premier terme définit le niveau de taxation que choisirait une autorité régulatrice cherchant uniquement à corriger la sous-production liée à la nature oligopolistique de l'industrie. Ce terme est négatif et correspond donc à une subvention pour une valeur du paramètre de demande a suffisamment élevée et/ou des coûts d'échange non prohibitifs, ce que nous supposons vérifié

[15] La modélisation du dommage environnemental au niveau du bien-être agrégé est communément admise dans la littérature. Toutefois, nous pourrions obtenir une fonction agrégée similaire en supposant que le dommage environnemental intervient au niveau de la fonction d'utilité individuelle, comme le font notamment Markusen *et al.* (1993 ; 1995). Les résultats qui suivent sont donc robustes à cet autre type de modélisation.

[16] Le dommage environnemental est fonction linéaire des émissions totales. Une autre formulation parfois retenue dans la littérature considère que le dommage marginal est fonction croissante du niveau de pollution (voir, par exemple, Hoel (1997)). Cette hypothèse alternative n'altère pas qualitativement les résultats de l'article.

[17] Cette taxe ne permet évidemment pas d'atteindre l'optimum de premier rang. Ce dernier nécessiterait la combinaison d'une taxe sur les émissions polluantes et d'une subvention permettant de corriger le niveau sous-optimal de production lié à la nature oligopolistique de l'industrie.

ici. Le second terme, quant à lui, reflète la volonté de l'autorité supranationale de corriger l'externalité négative de pollution. Ce terme est positif et fonction croissante de γ. En conséquence, $\bar{t}$ peut être en principe positif ou négatif. Nous donnons en annexe les conditions sur γ assurant que : i) $\bar{t}$ corresponde bien à une taxation de la production et ; ii) du commerce bilatéral se réalise à ce niveau de taxe.[18]

Le niveau de taxe optimale présente plusieurs propriétés intéressantes. Notons tout d'abord que si le premier terme de $\bar{t}$ est une fonction croissante de l'asymétrie de taille de marché, le second, reflétant la correction de l'externalité négative de pollution, est une fonction décroissante de σ. L'intuition derrière cette seconde relation est simple. Les équations (10) et (12) montrent qu'une variation marginale et positive de t engendre des relocalisations vers le pays 2 et une diminution des émissions d'autant plus importantes que l'écart de taille de marché entre les deux pays est élevé. En présence de pays fortement asymétriques en taille, il est donc moins nécessaire de fixer une taxe élevée pour corriger l'externalité négative de pollution. Le calcul de l'effet net d'une augmentation de σ sur $\bar{t}$ démontre toutefois que l'impact positif sur le premier terme domine l'impact négatif sur le second.[19]

Ensuite, il convient d'observer que la composante de taxation corrigeant l'externalité environnementale est indépendante des coûts d'échange. Le degré d'intégration des deux marchés n'affecte donc $\bar{t}$ qu'à travers le premier terme de la subvention. Il est ainsi facile de vérifier que $d\bar{t} / d\tau > 0$ de sorte qu'une intégration plus poussée entre les deux pays conduirait à un niveau de taxation plus faible.[20] Pour résumer,

> **PROPOSITION 3.** *Le niveau de taxe fixé par l'autorité supranationale croît avec le degré d'asymétrie entre les deux pays et avec le niveau des coûts d'échange, du fait de leur impact positif sur la composante de* $\bar{t}$ *corrigeant le niveau sous-optimal de production de l'oligopole.*

Enfin, on peut démontrer la non-neutralité de l'hypothèse de mobilité des firmes sur le niveau de fiscalité choisi. Pour cela, il convient de définir le niveau de taxation que fixerait une autorité pour laquelle la géographie économique serait neutre d'un point de vue environnemental. En

[18] Sans cette dernière condition, nous sommes confrontés au problème soulevé par Calmette (2008) : l'autorité fixe une taxe en anticipant du commerce bilatéral alors que le niveau de cette taxe ne l'autorise pas *in fine.*

[19] La preuve est donnée en annexe.

[20] Cette relation s'explique par le fait que l'effet positif d'une subvention à la production sur le surplus et la rémunération du capital est d'autant plus fort que les marchés sont bien intégrés.

maximisant (13) par rapport à t et en considérant λ comme exogène, il vient :

$$t(\lambda) = -\frac{\tau(2\sigma - 1)\lambda + (a - \sigma\tau - 1)}{n} + \frac{(n+1)}{n}\gamma \tag{15}$$

Il est difficile de comparer précisément les expressions de $\bar{t}$ et $t(\lambda)$ puisque λ est *a priori* indéterminé et compris entre 0 et 1. On peut toutefois confronter les seconds termes des deux expressions (14) et (15) qui corrigent l'externalité environnementale de production. Notons les respectivement Λ et Υ. On a alors :

$$\Lambda - \Upsilon = \frac{-(2\sigma-1)^2(n+1)^2}{(2\sigma-1)^2(2n+1)+n^2}\frac{\gamma}{n}$$

Cette expression est négative. Par conséquent, la composante de la taxe sensée corriger l'externalité négative de pollution est plus élevée lorsque l'autorité régulatrice n'internalise pas les effets de sa fiscalité sur les choix de localisation. Il vient donc la proposition suivante :

PROPOSITION 4. *La mobilité des entreprises, lorsqu'elle est parfaitement internalisée par l'autorité régulatrice, réduit le besoin de fixer une taxe carbone élevée pour corriger l'externalité environnementale.*

En d'autres termes, l'autorité anticipe parfaitement que l'introduction d'une taxe commune aux deux pays conduit à une géographie industrielle moins polluante d'où une moindre nécessité de taxer lourdement la production. On peut alors se demander si le pays 1 reste le plus attractif. En l'absence de taxe carbone, un résultat connu des modèles d'économie géographique –l'effet taille de marché– stipule que le pays le plus peuplé accueille une proportion de firmes supérieure à la proportion de sa population. Nous vérifions qu'au niveau de taxe optimale choisie par le gouvernement, l'effet taille de marché demeure valide. Précisément, la proportion de firmes implantées dans le pays 1 est donnée par :

$$\lambda(\bar{t}) = \frac{1}{2} + \left(\sigma - \frac{1}{2}\right)\frac{2(n+1)}{n\tau}\frac{n+(2\sigma-1)^2}{(2\sigma-1)^2(2n+1)+n^2}\left[a-(\tau/2)-\gamma-1\right]$$

Nous montrons en annexe que $\lambda(\bar{t}) > \sigma$ pour toute valeur admissible des variables. Autrement dit, l'effet de dispersion induit par la taxe carbone n'est pas suffisamment fort pour remettre en cause le bénéfice d'attractivité du grand pays.

5 Conclusion

A l'aide d'un modèle simple de commerce international et de localisation, cet article s'interroge sur la capacité d'une taxe carbone globale à réduire les émissions mondiales de gaz à effet de serre tout en limitant le problème de la fuite carbone qui se pose dans un contexte de mondialisation économique.

Les résultats amènent à nuancer certaines idées reçues sur la taxe carbone globale. Tout d'abord, l'harmonisation des politiques environnementales ne garantit pas leur neutralité du point de vue de la géographie économique mondiale. Les entreprises disposent toujours d'une possibilité d'arbitrage entre, d'une part, le montant de la taxe dont elles doivent s'acquitter et qui augmente avec leur niveau de production et, d'autre part, les bénéfices réalisés en produisant à grande échelle dans un pays jouissant d'une plus grande taille de marché. Face à cet arbitrage, certaines entreprises trouvent profitable de se relocaliser dans le petit pays pour minimiser leur charge fiscale. Toutefois, nous montrons que la mobilité des entreprises polluantes réduit la nécessité pour l'autorité régulatrice d'élever la fiscalité carbone car celle-ci est doublement efficace : à l'effet pigouvien de réduction des émissions pour une localisation donnée s'ajoute un effet de réduction des émissions mondiales dû à une géographie économique moins concentrée.

Le modèle utilisé, bien que fortement stylisé, permet d'analyser l'efficacité d'une taxe carbone globale dans une économie imparfaitement intégrée composée de pays de différentes tailles et offre ainsi un éclairage intéressant sur le débat actuel relatif aux traités environnementaux. Naturellement, de nombreuses questions restent à explorer, telles que le mode de redistribution des recettes fiscales issues de la taxe ou bien encore l'efficacité de la taxe carbone dans une économie caractérisée par des firmes hétérogènes au niveau de leur technologie et de leurs émissions de gaz à effet de serre.

Références

Brander J.A, Krugman P. (1983). A reciprocal dumping model of international trade. *Journal of International Economics*, 15: 313-323.

Calmette M-F. (2008). Politique environnementale en économie ouverte : une possible incompatibilité entre les décisions des firmes et des gouvernements. *Revue économique*, 59(3): 517-526.

Cheikbossian G. (2010). La coordination des politiques environnementales entre deux pays de taille asymétrique. *Revue économique*, 61(1): 11-30.

Cooper R.N. (2006). Alternatives to Kyoto: the case for a carbon tax. *Mimeo*.

Copeland B.R., Taylor M.S. (2003). *Trade and the environment: Theory and evidence*. Princeton University Press.

GIEC (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat GIEC, Genève (Suisse), 103 pp.

Haufler A., Wooton I. (2010). Competition for firms in an oligopolistic industry: the impact of economic integration. *Journal of International Economics*, 80: 239-248.

Hoel M. (1997). Environmental policy with endogenous plant locations. *Scandinavian Journal of Economics*, 99: 241-59.

Ishikawa J., Okubo T. (2008). Greenhouse-gas emission controls and international carbon leakage through trade liberalization. *RIEB Discussion Paper Series No 231*.

Jeppesen T., List J., Folmer H. (2002). Environmental regulations and new plant location decisions: evidence from a meta-analysis. *Journal of Regional Science*, 42: 19-49.

Mankiw G. (2007). One answer to global warming: a new tax. *New York Times*, September 16th.

Markusen J., Morey E., Olewiler N. (1993). Environmental policy when market structure and plant locations are endogenous. *Journal of Environmental Economics and Management*, 24: 68-86.

Markusen J., Morey E., Olewiler N. (1995). Competition in regional environmental policies when plant locations are endogenous. *Journal of Public Economics*, 56: 55-77.

Motta M., Thisse J-F. (1994). Does environmental dumping lead to delocation? *European Economic Review*, 38: 563-76.

Nordhaus W.D. (2006). After Kyoto: alternative mechanisms to control global warming. *American Economic Review*, 96: 31-34.

Pflüger M. (2001). Ecological dumping under monopolistic competition. *Scandinavian Journal of Economics,* 103(4): 689-706.

Rauscher M. (1995). Environmental regulation and the location of polluting industries. *International Tax and Public Finance*, 2: 229-44.

Sanna-Randaccio F., Sestini R. (2010). The impact of unilateral climate policy with endogenous plant location and market size asymmetry. *Working paper of Fondazione Eni Enrico Mattei*.

Schubert K. (2009). *Pour la taxe carbone. La politique économique face à la menace climatique*. Opuscule CEPREMAP, Éditions rue d'Ulm.

Sturm D. M. (2003). Trade and the environment: a survey of the literature. *In* Marsiliani L., Rauscher M., Withagen C. (eds.), *Environmental policy in an international perspective*, Kluwer Academic, 119-150.

Zeng D., Zhao L (2009). Pollution havens and industrial agglomeration. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58: 141-153.

Annexe

■ $\bar{t}$ est positif si et seulement si :

$$\gamma > \bar{\gamma} \equiv \frac{2n}{n+1}\frac{\sigma(1-\sigma)(2a-\tau-2)}{n+(2\sigma-1)^2}$$

Par ailleurs, en $\bar{t}$, la condition d'échange bilatéral est réalisée si $\bar{t} < t_{trade}$, ce qui est vérifié pour tout γ tel que :

$$\gamma < \tilde{\gamma} \equiv \bar{\gamma} + \frac{1}{n+1}\frac{(2\sigma-1)^2(2n+1)+n^2}{n+(2\sigma-1)^2}t_{trade}$$

Ainsi pour tout $\bar{\gamma} < \gamma < \tilde{\gamma}$, $\bar{t}$ est positif et du commerce bilatéral a lieu entre les deux pays. En d'autres termes, le dommage environnemental marginal ne doit pas être trop faible pour que la production soit effectivement taxée, mais ne doit pas être trop fort afin que le niveau de taxe rende le commerce profitable.

■ La dérivée du second terme de (14), que nous appellerons Λ, par rapport à σ, donne :

$$\frac{d\Lambda}{d\sigma} = \frac{-4n\gamma(2\sigma-1)(n+1)^2}{\left[n\left(n+2(2\sigma-1)^2\right)+(2\sigma-1)^2\right]^2}$$

L'expression est bien de signe négatif pour tout $\sigma > 1/2$. Ainsi, plus les pays sont asymétriques en taille, moins il est nécessaire de fixer une taxe élevée afin de corriger l'externalité négative de pollution. Toutefois, l'effet net d'une augmentation de σ sur $\bar{t}$ est bien positif. En effet, l'expression de la dérivée de $\bar{t}$ par rapport à σ est :

$$\frac{d\bar{t}}{d\sigma} = \frac{2n(2\sigma-1)(n+1)^2[2a-\tau-2\gamma-2]}{\left[(2\sigma-1)^2(2n+1)+n^2\right]^2}$$

Cette expression est négative si $\gamma > \hat{\gamma} \equiv (2a-\tau-2)/2$. Comme $\hat{\gamma} > \tilde{\gamma}$, $dt/d\sigma > 0$ pour toute valeur de γ assurant l'existence de commerce bilatéral.

- On vérifie tout d'abord que $\lambda(\bar{t}) > \sigma$ pour tout

$$\gamma < \gamma^{HME} \equiv \frac{1}{2}\frac{2(n+1)(a-1)-\tau}{n+1}$$

Or, $\gamma^{HME} > \tilde{\gamma} > \bar{\gamma}$. Ainsi, dès lors que la taxe carbone est positive mais d'un niveau inférieur à celui conduisant à une situation d'autarcie (*i.e.*, pour tout $\bar{\gamma} < \gamma < \tilde{\gamma}$), l'effet taille de marché demeure valide.

Les **Working Papers SMART – LERECO** sont produits par l'UMR SMART et l'UR LERECO

- **UMR SMART**

L'Unité Mixte de Recherche (UMR 1302) *Structures et Marchés Agricoles, Ressources et Territoires* comprend l'unité de recherche d'Economie et Sociologie Rurales de l'INRA de Rennes et les membres de l'UP Rennes du département d'Economie Gestion Société d'Agrocampus Ouest.

Adresse :
UMR SMART - INRA, 4 allée Bobierre, CS 61103, 35011 Rennes cedex
UMR SMART - Agrocampus, 65 rue de Saint Brieuc, CS 84215, 35042 Rennes cedex

- **LERECO**

Unité de Recherche *Laboratoire d'Etudes et de Recherches en Economie*

Adresse :
LERECO, INRA, Rue de la Géraudière, BP 71627 44316 Nantes Cedex 03

Site internet commun : http://www.rennes.inra.fr/smart/

Liste complète des Working Papers SMART – LERECO :
http://www.rennes.inra.fr/smart/Working-Papers-Smart-Lereco
http://econpapers.repec.org/paper/raewpaper/

The **Working Papers SMART – LERECO** are produced by UMR SMART and UR LERECO

- **UMR SMART**

The « Mixed Unit of Research » (UMR1302) *Structures and Markets in Agriculture, Resources and Territories*, is composed of the research unit of Rural Economics and Sociology of INRA Rennes and of the members of the Agrocampus Ouest's Department of Economics Management Society who are located in Rennes.

Address:
UMR SMART - INRA, 4 allée Bobierre, CS 61103, 35011 Rennes cedex, France
UMR SMART - Agrocampus, 65 rue de Saint Brieuc, CS 84215, 35042 Rennes cedex, France

- **LERECO**

Research Unit *Economic Studies and Research Lab*

Address:
LERECO, INRA, Rue de la Géraudière, BP 71627 44316 Nantes Cedex 03, France

Common website: http://www.rennes.inra.fr/smart_eng

Full list of the Working Papers SMART – LERECO:
http://www.rennes.inra.fr/smart_eng/Working-Papers-Smart-Lereco
http://econpapers.repec.org/paper/raewpaper/

Contact

Working Papers SMART – LERECO
INRA, UMR SMART
4 allée Adolphe Bobierre, CS 61103
35011 Rennes cedex, France
Email : smart_lereco_wp@rennes.inra.fr

2013

Working Papers SMART – LERECO

UMR INRA-Agrocampus Ouest **SMART** (Structures et Marchés Agricoles, Ressources et Territoires)

UR INRA **LERECO** (Laboratoires d'Etudes et de Recherches en Economie)

Rennes, France