

**DOCUMENT DE TRAVAIL / WORKING PAPER**

**No. 2018-23**

**Marchés Internationaux de Droits à Polluer  
et Taxes Locales sur les Biens  
Polluants**

**Julien Daubanes *et* Pierre Lasserre**

**Mai 2018**

# **Marchés Internationaux de Droits à Polluer et Taxes Locales sur les Biens Polluants**

**Julien Daubanes**, Université de Copenhague (IFRO), Danemark; et  
CESifo

**Pierre Lasserre**, Université du Québec à Montréal, Canada; CIRANO; et  
CIREQ

**Document de travail No. 2018-23**

**Mai 2018**

Département des Sciences Économiques  
Université du Québec à Montréal  
Case postale 8888,  
Succ. Centre-Ville  
Montréal, (Québec), H3C 3P8, Canada  
Courriel : [brisson.lorraine@uqam.ca](mailto:brisson.lorraine@uqam.ca)  
Site web : <http://economie.esg.uqam.ca>

Les documents de travail contiennent souvent des travaux préliminaires ou partiels et sont circulés pour encourager et stimuler les discussions. Toute citation et référence à ces documents devrait tenir compte de leur caractère provisoire. Les opinions exprimées dans les documents de travail sont ceux de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux du département des sciences économiques ou de l'ESG.

**Copyright (2018): Julien Daubanes et Pierre Lasserre.** De courts extraits de texte peuvent être cités et reproduits sans permission explicite à condition que la source soit référencée de manière appropriée.

# Marchés Internationaux de Droits à Polluer et Taxes Locales sur les Biens Polluants\*

par

Julien Daubanes  
Université de Copenhague (IFRO), et CESifo

et

Pierre Lasserre  
Université du Québec à Montréal (ESG), CIRANO et CIREQ

Mai 2018

\* Des versions précédentes de cet article ont été présentées aux Journées Louis-André Gérard-Varet à Marseille, au Congrès Annuel de l'EAERE à Helsinki, et à l'Atelier Spécial en l'Honneur de Pierre Lasserre lors du Congrès Annuel du CREE à Sherbrooke. Pierre nous a quitté au printemps 2017. Veuillez adresser toute correspondance relative à cet article à Julien Daubanes : [jxd@ifro.ku.dk](mailto:jxd@ifro.ku.dk).

## Abstract

L'intérêt des marchés internationaux de droits à polluer réside dans leur potentiel à atteindre un objectif de réduction de pollution de manière efficiente. Malheureusement, la tendance des pays participants à taxer localement les biens polluants remet en cause ce potentiel. Nous proposons un modèle permettant d'examiner l'intérêt des pays participant à un marché de droits à polluer à taxer le bien qui génère la pollution. En particulier, cet intérêt dépend de la distribution initiale des droits entre les pays participants. Nous montrons comment les droits doivent être alloués aux différents pays participants de sorte à garantir l'efficience du marché. Ces allocations optimales requièrent de distribuer gratuitement une fraction suffisamment large des droits plutôt que de les mettre aux enchères.

*Classification JEL* : Q48 ; H21

*Mots-clés* : Marchés internationaux de droits à polluer ; taxes locales ; tarif optimum ; distribution optimale des droits

## I. Introduction

Dans le contexte actuel de nécessaire réduction des émissions de carbone, la mise en place de marchés internationaux de droits à émettre du carbone est souvent célébrée par les économistes comme une excellente nouvelle. En effet, tandis que l'Accord de Paris engage seulement les pays à atteindre leurs engagements respectifs de manière unilatérale, leur participation dans un marché international de droits est supposée garantir que ces engagements sont atteints d'une manière économiquement efficace, permettant les réductions des émissions de carbone de se réaliser là où elles sont les moins coûteuses.

Tout au moins, les marchés internationaux de droits ont ce potentiel théorique d'atteindre un objectif d'émission de manière efficiente. Malheureusement, ce potentiel n'est pas toujours réalisé. Cet article traite d'une raison susceptible d'entraver l'efficience des marchés internationaux de droits : les pays participants, de manière non coordonnée, imposent aux entreprises sujettes au marché de droits des taxes d'accise domestiques sur les inputs carbonés. Lorsque ces taxes diffèrent d'un pays à l'autre, ces taxes impliquent un prix implicite du carbone différent pour les entreprises des différents pays, empêchant l'égalité des coûts marginaux d'abattement.<sup>1</sup>

En réalité, ces taxes sur les inputs carbonés varient substantiellement d'un pays à l'autre, surtout en ce qui concerne l'usage industriel de ces inputs (cf. Newbery, 2005). Par exemple, en 2017, le droit d'accise sur l'usage industriel du charbon dépassait les 9 euros par gigajoule

---

1. Les marchés internationaux de droits à polluer sont ou ont été confrontés à la taxation locale des gouvernements d'autres manières. Premièrement, le gouvernement de République tchèque a été tenté de taxer directement les dotations en droits des entreprises. Cette tentative s'apparente à la taxation directe d'un capital fixe. Cette pratique a été interdite par la Cour de Justice de l'Union Européenne. Deuxièmement, le gouvernement Suédois a imposé une taxe carbone aux entreprises sujettes au marché européen du carbone. Cependant, depuis 2012 l'exemption de taxe carbone pour ces entreprises a mis fin à cette redondance. Enfin, la coexistence typique de secteurs sujets à un marché de droits et d'autres secteurs, sujets à des taxes environnementales, peut donner lieu à d'autres types d'interactions (cf. Caillaud et Demange, 2016).

au Danemark, alors qu'il était de 4 euros en France et était nul au Royaume-Uni.<sup>2</sup> En conséquence, à l'intérieur même du marché européen du carbone, les entreprises au Danemark sont amenées à faire des efforts d'abattement excessifs relativement à ceux des entreprises au Royaume-Uni et en France.

Cropper et Oates ont évoqué dès 1992 la possibilité que la taxation décentralisée au niveau des sous-juridictions puisse compromettre l'efficacité d'un marché de droits à polluer. Santore, Robinson et Klein (2001) ont examiné ce problème formellement. Dans leur modèle, comme dans le nôtre, les gouvernements imposent des taxes de manière stratégique, de sorte à améliorer les termes de l'échange de droits sur le marché international. Il en résulte une allocation inefficace du facteur. L'hypothèse de "grand pays" est évidemment fondamentale ; sans cette hypothèse, par exemple, Ogawa et Wildasin (2009) montrent que la taxation décentralisée est compatible avec la réalisation de l'équilibre de premier rang. Cela étant dit, les marchés internationaux de droits à polluer sont généralement régionaux ou se limitent à la jonction de quelques marchés nationaux, au contraire du marché mondial du capital dans Ogawa et Wildasin (2009). Dans ce contexte, l'hypothèse de "grands pays" paraît la plus raisonnable.

Cet article s'inscrit dans la continuité de Verbon et Withagen (2010), qui remarquent que, sous l'hypothèse de "grands pays," les taxes locales imposées par les pays participant au marché de droits dépendent de la distribution initiale des droits. Notre principale contribution à la littérature ci-dessus est d'explorer la possibilité d'améliorer l'efficacité du marché de droits à polluer en choisissant la distribution initiale des droits.

Notre modèle suppose un marché mondial concurrentiel pour un facteur de production

---

2. Les autres facteurs carbonés à usage industriel se caractérisent par une dispersion similaire des droits d'accise entre pays européens ; cf. [https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/sites/taxation/files/resources/documents/taxation/excise\\_duties/energy\\_products/rates/excise\\_duties-part\\_ii\\_energy\\_products\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/taxation_customs/sites/taxation/files/resources/documents/taxation/excise_duties/energy_products/rates/excise_duties-part_ii_energy_products_en.pdf).

sur lequel chaque pays peut imposer sa propre taxe d'accise de manière stratégique.<sup>3</sup> Supposant que le facteur génère une pollution globale<sup>4</sup> – associée, par exemple, au changement climatique – sa consommation est régulée dans un sous-ensemble de pays par un marché international concurrentiel de droits à polluer. Sur ce marché, le quota total est fixé de manière exogène ; nous nous intéressons à la manière dont les droits qui constituent ce quota peuvent être distribués. Nous considérons que ces droits peuvent être mis aux enchères ou distribués gratuitement aux pays. Dans le dernier cas, nous considérons qu'ils peuvent être mis aux enchères par le gouvernement ou distribués gratuitement aux entreprises locales.

Nous étudions dans une première étape les effets des taxes locales sur le facteur polluant fixées par les pays participants. Il apparaît que ces taxes n'ont d'autre effet que d'influencer le prix des droits à polluer.

Dans une deuxième étape, nous caractérisons les taxes qui maximisent le surplus de chaque pays participant. Nos formules ressemblent à celles obtenues par la littérature sur la capacité des taxes à la consommation de reproduire le tarif optimum (cf. Friedlander et Vandendorpe, 1968 ; Dornbusch, 1971).<sup>5</sup> Nous connectons aussi nos résultats à la littérature sur la taxation des ressources dont l'offre est parfaitement inélastique (cf. Bergstrom, 1982).<sup>6</sup>

A la différence de ces littératures, nous montrons que les taxes sur le bien polluant des pays participant au marché de droits dépendent de la position des pays sur le marché des droits, et non de leur position sur le marché du facteur taxé. Ainsi, la taxe de chaque pays est directement affectée par sa dotation initiale en droits – qu'ils soient vendus par le

---

3. Notre modèle ignore les interactions entre pays sur d'autres marchés comme, par exemple dans Hintermann (2011), le marché du bien final que permet de produire le facteur considéré.

4. Notre modèle ignore les externalités entre pays associées, par exemple, aux pollutions transfrontalières.

5. Broda et al. (2008) ont montré la pertinence empirique de la littérature sur le tarif optimum.

6. L'analogie entre les dotations en droits et les dotations en ressource a déjà été faite, par exemple, par Liski et Montero (2011) ; dans leur papier, cependant, l'analogie repose sur l'utilisation de ces dotations au cours du temps.

gouvernement ou distribués aux entreprises – dont les pays cherchent à améliorer les termes de l'échange à leur avantage. A l'équilibre, les taxes locales des pays participants entravent l'efficacité du marché de droits.

Il existe une différence fondamentale entre les dotations en ressource pétrolières de Bergstrom (1982), ou en capital d'Ogawa et Wildasin (2009), et les dotations en droits à polluer : ces dernières sont institutionnelles et, donc, manipulables. C'est pourquoi, dans une troisième étape, nous étudions la capacité de la distribution initiale des droits à améliorer l'efficacité du marché de droits à polluer. Plus précisément, nous caractérisons l'ensemble de distributions des droits qui permettent de restaurer complètement l'efficacité du marché. La plus simple de ces distributions s'apparente au "principe de Hahn" (1984) : distribuer les droits aux pays participants à la hauteur de leur besoin dans l'équilibre de premier rang.<sup>7</sup> Cette solution commande de distribuer tous les droits gratuitement. Au-delà de cette solution, nous obtenons des règles de distribution optimale des droits impliquant la position de chaque pays sur le marché de droits. De ces règles de distribution optimale, nous tirons les conséquences quant à la quantité de droits qui doivent être distribués gratuitement aux pays et montrons qu'une distribution optimale requiert que suffisamment de droits soient donnés.

Le reste de cet article est structuré de la manière suivante. La Section II présente le modèle. La Section III étudie les taxes locales des pays participant au marché de droits à polluer. La Section IV caractérise les distributions de droits optimales. Enfin, la Section V conclut.

---

7. Pour une extension de Hahn (1984) au cas où plusieurs agents sont susceptibles d'exercer leur pouvoir de marché, voir Hahn (1981).



## II. Modèle

### A. *Marché International d'un Facteur de Production*

L'économie mondiale consiste en un groupe  $\mathcal{W}$  de  $n \geq 2$  pays, indexés par  $i = 1, \dots, n$ . Il n'existe qu'un seul bien et un numéraire.

Le bien considéré est échangeable à coût nul sur un marché concurrentiel mondial, de sorte que le marché établit pour ce bien un prix international unique  $p$ . En outre, nous supposons que chaque pays  $i \in \mathcal{W}$  peut imposer une taxe unitaire  $\theta_i$  – un droit d'accise – sur la consommation du bien. En conséquence, le prix final dans le pays  $i$  est

$$p_i = p + \theta_i. \quad (1)$$

Plus précisément, le bien en question est un facteur de production. De plus, son usage peut être réduit à un certain coût d'abattement, de la même manière que dans le traitement proposé par Hahn (1984). Dans chaque pays  $i \in \mathcal{W}$ , il existe une entreprise concurrentielle représentative consommatrice du facteur de production qui en utilise une quantité  $x_i$ , contre un coût d'abattement  $C_i(x_i)$ . Par définition, le coût d'abattement est décroissant avec la quantité  $x_i$ ; il est aussi strictement convexe :  $C'_i(\cdot) < 0$  et  $C''_i(\cdot) > 0$ . Le problème de chaque entreprise consommatrice  $i \in \mathcal{W}$  consiste à minimiser son coût

$$\min_{x_i} C_i(x_i) + p_i x_i. \quad (2)$$

La nécessaire condition de premier ordre de ce programme est  $C'_i(x_i) + p_i = 0$ , qui définit implicitement la demande domestique de chaque pays  $i$  comme fonction décroissante du prix

final :

$$D_i(p_i) \equiv -C_i'^{-1}(p_i). \quad (3)$$

Dans chaque pays  $i \in \mathcal{W}$ , il existe aussi une entreprise concurrentielle représentative productrice du facteur de production qui, pour en produire une quantité  $s_i$ , encourt un coût  $E_i(s_i)$ . Ce coût est croissant et strictement convexe :  $E_i'(\cdot) > 0$  et  $E_i''(\cdot) > 0$ . Le problème de chacune de ces entreprises est de maximiser le profit  $ps_i - E_i(\cdot)$ . En conséquence, l'offre domestique de chaque pays  $i$  est donnée par la fonction croissante habituelle :

$$S_i(p) \equiv E_i'^{-1}(p). \quad (4)$$

Les fonctions d'offre (4) sont caractérisées par une élasticité-prix finie ; cette propriété résulte de notre hypothèse de coûts marginaux croissants. Cette hypothèse n'est pas seulement pertinente dans le court terme. Par exemple, la production des énergies carbonées est sujette, dans le long terme, à la limitation des ressources nécessaires à leur production ; en conséquence, même dans le long terme, l'offre de ces énergies est imparfaitement élastique.

Le surplus brut généré par l'usage de la quantité  $x_i$  dans le pays  $i$  est indiqué par la somme sous l'inverse de la demande (3) – ce surplus correspond à l'opposé du coût d'abattement. Net du prix du facteur, ce surplus devient  $\int_0^{x_i} D_i^{-1}(x) dx - p_i x_i$ . De plus, ayant défini (4), le surplus généré par la production de la quantité  $s_i$  dans le pays  $i$  peut s'écrire  $ps_i - \int_0^{s_i} S_i^{-1}(s) ds$ . Enfin, nous supposons que le revenu de la taxe  $\theta_i x_i$  est redistribué à l'intérieur du pays  $i$  de manière forfaitaire. Ainsi, le surplus total du pays  $i$  est

$$U_i = \int_0^{x_i} D_i^{-1}(x) dx - \int_0^{s_i} S_i^{-1}(s) ds - p(x_i - s_i). \quad (5)$$

### B. *Marché International de Droits à Polluer*

Nous supposons désormais que l'usage du facteur de production considéré contribue, indépendamment du pays où il est utilisé, à une externalité de pollution globale. Sans perte de généralité, nous normalisons à une unité la quantité de pollution émise par unité consommée. Ainsi, la quantité de pollution émise par l'entreprise représentative consommatrice du pays  $i$  est  $x_i$ .

Pour contrôler leur contribution à cette pollution globale, un groupe  $\mathcal{F} \subset \mathcal{W}$  de plus de deux pays participent à un marché concurrentiel international de droits échangeables à polluer.<sup>8</sup> Pour simplifier, l'émission d'une unité de pollution dans un pays  $i \in \mathcal{F}$  requiert la possession d'un droit à polluer.  $\delta$  désignant le prix international d'un droit à polluer et  $q_i$  la quantité de droits utilisée dans le pays  $i$ , l'équilibre concurrentiel doit satisfaire l'égalité

$$q_i = x_i, \tag{6}$$

dès lors que  $\delta > 0$ .

Notre analyse prend la quantité totale de droits à polluer  $\bar{Q}$  comme donnée de manière exogène. Il sera utile de remarquer que la relation linéaire entre quantité consommée, quantité émise et nombre de droits à polluer, signifie que la quantité totale de droits  $\bar{Q}$  est formellement équivalente à un quota sur l'usage du facteur de production à l'intérieur de groupe  $\mathcal{F}$ .

Parmi la quantité totale de droits émis, nous désignons par  $q_{i0}$  le nombre de droits distribués gratuitement au pays  $i \in \mathcal{F}$ . La somme des dotations initiales  $q_{i0}$  aux pays participants  $i \in \mathcal{F}$  ne peut excéder l'intégralité des droits émis  $\bar{Q}$ . Supposons que cette somme équivaut

---

8. Ce marché peut être global ; dans ce cas,  $\mathcal{F} = \mathcal{W}$ .

à une fraction  $\gamma \in [0, 1]$  de tous les droits  $\bar{Q}$  :

$$\sum_{j \in \mathcal{F}} q_{j0} = \gamma \bar{Q}, \gamma \in [0, 1]. \quad (7)$$

Si  $\gamma < 1$ , le reste des droits  $(1 - \gamma)\bar{Q}$  est directement mis aux enchères, et vendu au prix de marché  $\delta$ . Le cas échéant, les revenus résultant de cette vente sont redistribués dans les différents pays de manière forfaitaire.

En ce qui concerne les droits  $q_{i0}$  distribués gratuitement à chaque pays  $i \in \mathcal{F}$ , il y a deux possibilités. Nous supposons que, dans chaque pays, une partie  $\alpha_i q_{i0}$ , où la fraction  $\alpha_i \in [0, 1]$  est exogène, est distribuée directement à l'entreprise consommatrice du pays. Le reste est mis aux enchères par le gouvernement au prix de marché  $\delta$ . Le revenu  $\delta(1 - \alpha_i)q_{i0}$  résultant de cette vente est redistribué à l'intérieur du pays de manière forfaitaire.<sup>9</sup>

Clairement, du point de vue du gouvernement d'un pays, la distinction entre les droits reçus gratuitement par ce pays et les droits achetés par son entreprise est cruciale. En effet, seuls les premiers entrent dans le calcul du surplus du pays. Au contraire, la division des droits reçus gratuitement par les pays en droits offerts directement aux entreprises et en droits vendus par les gouvernements ne jouera aucun rôle ; à l'équilibre, les deux types de droits contribuent de manière équivalente aux surplus domestiques.

Dans la suite, nous nous concentrerons uniquement sur le cas le plus pertinent où le quota de droits à polluer  $\bar{Q}$  impose une contrainte saturée sur l'économie, de sorte que  $\delta > 0$ . Dans ce cas, comme les entreprises consommatrices du facteur de production polluant dans chaque

---

9.  $\alpha_i$  étant donné pour chaque pays, la décision des gouvernements de donner ou vendre des droits dépasse le cadre de notre analyse. En pratique, cette décision dépend d'aspects politiques comme le suggèrent, par exemple, Lai (2008), et MacKenzie et Ohndorf (2012). Cela étant dit, les résultats de la section suivante souligneront que la fraction  $\alpha_i$  des droits distribués gratuitement n'affecte pas notre analyse.

pays  $i \in \mathcal{F}$  requièrent un droit à polluer par unité de facteur, leur problème (2) devient

$$\min_{x_i} C_i(x_i) + p_i x_i + \delta(q_i - \alpha_i q_{i0}), \quad (8)$$

où l'égalité (6) est satisfaite :  $q_j = x_j$ . La solution à ce problème définit implicitement une fonction de demande similaire à (3) pour laquelle l'argument prix est remplacé par le coût total d'utiliser le facteur : le prix final du bien  $p_i$ , auquel s'ajoute le prix  $\delta$  d'un droit à émettre la pollution que le bien génère. Formellement, cette demande s'écrit

$$D_i(p_i + \delta) \equiv C_i'^{-1}(p_i + \delta), \quad \forall i \in \mathcal{F}. \quad (9)$$

La fonction (9) indique non seulement la demande de facteur, mais aussi la demande de droits à polluer de chaque pays  $i \in \mathcal{F}$ .

### III. Taxes Locales à l'Intérieur du Marché de Droits

La condition d'équilibre du marché des droits à polluer est

$$\sum_{j \in \mathcal{F}} D_j(p + \theta_j + \delta) = \bar{Q}. \quad (10)$$

$\sum_{j \in \mathcal{F}} D_j(p + \theta_j + \delta)$  étant également la demande totale du facteur de production polluant des pays participant au marché de droits, le quota  $\bar{Q}$  fixe également la quantité échangée de ce bien. En conséquence, la condition d'équilibre du marché international du facteur peut s'écrire sous la forme

$$\bar{Q} + \sum_{j \in \mathcal{W} \setminus \mathcal{F}} D_j(p + \theta_j) = \sum_{j \in \mathcal{W}} S_j(p), \quad (11)$$

qui détermine son prix international  $p$ .

#### A. Effets des Taxes Locales

La condition d'équilibre (11) n'implique pas les taxes des pays  $i \in \mathcal{F}$  participant au marché de droits. Ces taxes n'ont donc aucun effet sur le prix international du facteur. Formellement, la différenciation totale de (11) par rapport à  $\theta_i$ ,  $i \in \mathcal{F}$ , et  $p$  donne

$$\frac{dp}{d\theta_i} = 0, \forall i \in \mathcal{F}. \quad (12)$$

Toutefois, les taxes des pays participant au marché de droits affectent le prix  $\delta$  des droits sur ce marché. La différenciation de (10) par rapport à  $\theta_i$ ,  $i \in \mathcal{F}$  donne  $\sum_{j \in \mathcal{F}} D'_j(\cdot) \left( \frac{dp}{d\theta_i} + \frac{d\delta}{d\theta_i} \right) = 0$ . L'utilisation de (12) et quelques manipulations algébriques permettent alors d'obtenir

$$\frac{d\delta}{d\theta_i} = \frac{-\frac{x_i}{p_i + \delta} \xi_{D_i}(\cdot)}{\sum_{j \in \mathcal{F}} \frac{x_j}{p_j + \delta} \xi_{D_j}(\cdot)} < 0, \forall i \in \mathcal{F}. \quad (13)$$

Cet effet négatif des taxes domestiques appliquées au facteur sur le prix des droits à polluer n'est pas sans rappeler l'effet que ces taxes ont habituellement sur le prix du facteur lui-même : ces taxes réduisent la demande pour le bien polluant et, donc, pour les droits à polluer. Cependant, deux différences existent entre l'effet décrit par (13) et l'effet habituel. D'une part, l'élasticité de l'offre n'intervient pas dans (13), alors que cette élasticité tend en général à atténuer l'effet des taxes. En effet, les droits étant émis en une quantité fixe, leur offre a une élasticité nulle, ce qui tend à renforcer l'effet des taxes domestiques sur le prix international des permis. D'autre part, la somme au dénominateur de (13) n'implique que les pays  $j \in \mathcal{F}$  participant au marché de droits, et non l'ensemble des pays  $\mathcal{W}$  du marché du facteur ; cela renforce l'effet des taxes. En effet, le pouvoir de marché que chaque pays

participant peut exercer par l'usage de sa taxe est augmenté sur le marché de droits parce que ce dernier est plus petit que le marché mondial du facteur.

Dans la mesure où les taxes des pays participant au marché de droits n'affectent pas le prix international du bien  $p$ , elles n'influencent pas non plus les décisions de production du facteur polluant :  $\frac{ds_j}{d\theta_i} = 0, \forall j \in \mathcal{W}, \forall i \in \mathcal{F}$ . Elles n'influencent pas non plus la consommation du facteur dans les pays non participants :  $\frac{dx_j}{d\theta_i} = 0, \forall j \in \mathcal{W} \setminus \mathcal{F}, \forall i \in \mathcal{F}$ .

Les résultats de cette sous-section sont résumés dans la proposition suivante.

**Proposition 1 (Effets des taxes locales)** *La taxe locale d'un pays participant au marché de droits*

1. *n'a pas d'effet sur la demande totale des pays participants pour le bien polluant ;*
2. *n'a pas d'effet sur le prix international du bien polluant ;*
3. *n'a pas d'effet sur l'offre du bien polluant ;*
4. *n'a pas d'effet sur la consommation du bien polluant des non participants au marché de droits ;*
5. *réduit la consommation du bien polluant dans ce pays ;*
6. *réduit le prix des droits à polluer ;*
7. *accroît la consommation du bien polluant dans les autres pays participants.*

La consommation  $x_j = D_j(p + \delta + \theta_j)$  des autres pays participants  $j \in \mathcal{F}$  est seulement affectée par la taxe d'un pays  $i \in \mathcal{F}, i \neq j$ , par le truchement du prix des droits à polluer :  $\frac{dx_j}{d\theta_i} = D'_j(\cdot) \frac{d\delta}{d\theta_i}, \forall i, j \in \mathcal{F}, i \neq j$ . En utilisant (13), nous obtenons

$$\frac{dx_j}{d\theta_i} = \frac{x_j}{p_j + \delta} \xi_{D_j}(\cdot) \frac{-\frac{x_i}{p_i + \delta} \xi_{D_i}(\cdot)}{\sum_{j \in \mathcal{F}} \frac{x_j}{p_j + \delta} \xi_{D_j}(\cdot)} > 0, \forall i, j \in \mathcal{F}, i \neq j. \quad (14)$$

Quant à l'effet de la taxe du pays  $i \in \mathcal{F}$  sur la consommation de ce pays,  $x_i = D_i(p + \delta + \theta_i)$  implique  $\frac{dx_i}{d\theta_i} = D'_i(\cdot) \left( \frac{dp}{d\theta_i} + \frac{d\delta}{d\theta_i} + 1 \right)$ , où  $\frac{dp}{d\theta_i} = 0$  et  $\frac{d\delta}{d\theta_i} > -1$ ; l'utilisation de (13) et quelques manipulations algébriques permettent d'obtenir

$$\frac{dx_i}{d\theta_i} = \frac{x_i}{p_i + \delta} \xi_{D_i}(\cdot) \frac{\sum_{j \in \mathcal{H} \setminus i} \frac{x_j}{p_j + \delta} \xi_{D_j}(\cdot)}{\sum_{j \in \mathcal{H}} \frac{x_j}{p_j + \delta} \xi_{D_j}(\cdot)} < 0, \forall i \in \mathcal{F}. \quad (15)$$

### B. Taxes Locales à l'Équilibre de Nash

Comme nous l'avons établi dans la sous-section précédente, la présence d'un marché de droits renforce l'influence des pays participants sur le prix des droits, non seulement par l'échelle réduite du marché, mais aussi parce que le quota de droits implique une élasticité de l'offre nulle sur celui-ci. En conséquence, les arguments relatifs à la théorie du tarif optimum sont particulièrement pertinents dans le contexte de notre analyse.

En présence du marché international de droits à polluer tel que nous l'avons introduit en Section II, le surplus net de l'entreprise consommatrice représentative de chaque pays  $i \in \mathcal{F}$  devient  $\int_0^{x_i} D_i^{-1}(x) dx - (p_i + \delta)x_i + \delta\alpha_i q_{i0}$ . Cette expression tient compte, d'une part, du fait que la consommation du bien requiert l'achat de droits à polluer au prix  $\delta$  et, d'autre part, de la valeur des droits  $\alpha_i q_{i0}$  distribués gratuitement à l'entreprise. En outre, les revenus redistribués à l'intérieur de chaque pays  $i \in \mathcal{F}$  comprennent non seulement les revenus de la taxe  $\theta_i x_i$ , mais aussi les revenus  $\delta(1 - \alpha_i)q_{i0}$  issus de la vente des droits par le gouvernement du pays. En fin de compte, le surplus total du pays  $i \in \mathcal{F}$  s'écrit

$$U_i = \int_0^{x_i} D_i^{-1}(x) dx - \int_0^{s_i} S_i^{-1}(s) ds - p(x_i - s_i) - \delta(x_i - q_{i0}), \quad (16)$$

où le paramètre  $\alpha_i$  indiquant la division entre droits distribués gratuitement à l'entreprise



du pays et droits vendus par le gouvernement du pays s'avère ne jouer aucun rôle.

Chaque pays  $i \in \mathcal{F}$  choisit la taxe  $\theta_i$  de sorte à maximiser son surplus total  $U_i$  sans se coordonner avec les autres pays, c'est-à-dire en prenant les taxes des autres pays comme données. La nécessaire condition de premier-ordre qui caractérise ce choix est  $D_i^{-1}(x_i) \frac{dx_i}{d\theta_i} - S_i^{-1}(s_i) \frac{ds_i}{d\theta_i} - (x_i - s_i) \frac{dp}{d\theta_i} - p \left( \frac{dx_i}{d\theta_i} - \frac{ds_i}{d\theta_i} \right) - (x_i - q_{i0}) \frac{d\delta}{d\theta_i} - \delta \frac{dx_i}{d\theta_i} = 0$ , où  $D_i^{-1}(x_i) = p + \theta_i + \delta$ ,  $S_i^{-1}(s_i) = p$  et, suivant (12),  $\frac{dp}{d\theta_i} = 0$  et  $\frac{ds_i}{d\theta_i} = 0$ . Ainsi simplifiée, la condition qui caractérise  $\theta_i$  devient  $\theta_i \frac{dx_i}{d\theta_i} - (x_i - q_{i0}) \frac{d\delta}{d\theta_i} = 0$ , ce qui permet d'obtenir la forme

$$\theta_i^e = \frac{d\delta/d\theta_i}{dx_i/d\theta_i} (x_i - q_{i0}). \quad (17)$$

Enfin, en utilisant (13) et (15), nous obtenons l'expression suivante pour la taxe de chaque pays  $i \in \mathcal{F}$  à l'équilibre de Nash :

$$\theta_i^e = \frac{x_i - q_{i0}}{- \sum_{j \in \mathcal{F} \setminus i} \frac{x_j \xi_{D_j(\cdot)}}{p_j + \delta}}. \quad (18)$$

Cette formule ressemble à celles des taxes optimales obtenues par la littérature sur le tarif optimum dans le cas où les pays ne peuvent pas fixer de droits de douane, mais peuvent seulement exercer leur pouvoir de marché sur les termes de l'échange par l'imposition de droits d'accise. Par exemple, la formule (18) a une forme similaire à la taxe domestique optimale sur les produits pétroliers dans le modèle de Bergstrom (1982).

Par rapport aux formules généralement obtenues dans la littérature sur le tarif optimum, la particularité de cette formule et de celle de Bergstrom est qu'elle n'implique pas l'élasticité de l'offre du bien taxé. En effet, comme nous l'avons remarqué, en raison du quota de droits à polluer, l'élasticité de l'offre s'avère nulle sur le marché des pays participants, comme elle est nulle par hypothèse sur le marché des produits pétroliers dans le papier de Bergstrom

(1982).

En outre, la formule (18) admet deux particularités qui la différencient de celle de Bergstrom. D'une part, les quantités d'offre qui interviennent dans la taxe de chaque pays sont une dotation en droits à polluer, plutôt qu'une dotation en termes du bien auquel la taxe s'applique. En effet, l'argument du tarif optimal s'applique ici mais, en vertu de la Proposition 1, au niveau du marché de droits plutôt que du marché du bien. En d'autres termes, la taxe permet de manipuler la valeur des droits vendus et achetés par l'intermédiaire de leur prix, et non par l'intermédiaire de la valeur des imports ou exports du bien polluant. Précisément, la formule prédit que les pays importateurs de droits à polluer, caractérisés par des imports nets  $x_i - q_{i0} > 0$  ont tendance à taxer le bien. En effet, la Proposition 1 montre qu'une telle taxe tend à diminuer le prix de ces imports.

La seconde différence avec Bergstrom est le dénominateur du côté droit de (18) :  $-\sum_{j \in \mathcal{F} \setminus i} \frac{x_j \xi_{D_j}(\cdot)}{p + \delta}$ . Ce dénominateur correspond à l'inverse de  $\frac{d\delta}{dx_i}$ , qui reflète l'influence du pays  $i \in \mathcal{F}$  sur le prix des droits. Le dénominateur n'implique pas tous les pays du marché mondial pour le facteur polluant, mais seulement les pays participant au marché de droits. Cela signifie que plus le marché est étroit, plus les taxes fixées par les pays importateurs de droits sont élevées. En effet, sur un tel marché restreint, comme nous l'avons déjà remarqué, le pouvoir de marché des pays – et l'incitation à l'exercer – est plus fort.

La proposition suivante résume les résultats obtenus dans cette sous-section.

**Proposition 2 (Taxes à l'équilibre de Nash)** *A l'équilibre de Nash, la taxe d'un pays participant au marché de droits*

1. *est indépendante de la division entre les droits donnés au gouvernement – et mis aux enchères par celui-ci – et les droits donnés à l'entreprise consommatrice représentative ;*
2. *est indépendante de l'offre du bien polluant ;*

3. a le même signe que les imports nets de droits à polluer ;
4. est d'autant plus grande en valeur absolue que l'influence du pays sur le prix des droits est grande et donc, en particulier, que le nombre de participants au marché de droits est faible.

### *C. Implications*

L'analyse précédente a deux implications importantes concernant l'efficience économique du marché de droits à polluer.

La première est négative. Dès lors que les pays participants sont hétérogènes, (18) implique qu'ils taxent en général le bien polluant à des taux différents, et choisissent ainsi des coûts marginaux d'abattement différents : par (9),  $p_i + \delta = D_i^{-1}(x_i) \equiv C'_i(x_i)$ ,  $\forall i \in \mathcal{F}$ . Or l'efficience du marché de droits requiert, au contraire, que ces coûts d'abattement soient égalisés. Nous définirons l'efficience économique dans le contexte du marché de droits en préliminaire de la section suivante.

La seconde implication est que les taux de taxe choisis par les différents pays participants dépendent de leurs dotations respectives en droits, et, donc, de leur affectation par la régulation du marché de droits. Ainsi, la question se pose de savoir si l'efficience du marché peut être améliorée, voire complètement restaurée par une allocation adéquate des dotations en droits. C'est la question dont nous traitons dans la suite de notre analyse.

## **IV. Allocations des Droits**

### *A. Efficience Économique*

La minimisation du coût total d'abattement des pays participants  $\min_{(x_j)_{j \in \mathcal{F}}} \sum_{j \in \mathcal{F}} C_j(x_j)$  soumise au quota, contraignant par hypothèse,  $\sum_{j \in \mathcal{F}} x_j = \bar{Q}$ , implique l'égalisation des coûts marginaux

d'abattement  $C'_j(x_j)$  entre les différents pays  $j \in \mathcal{F}$ , ou, de manière équivalente

$$D_j^{-1}(x_j) = D_k^{-1}(x_k), \forall j, k \in \mathcal{F}. \quad (19)$$

Cette condition et le quota contraignant  $\sum_{j \in \mathcal{F}} x_j = \bar{Q}$  déterminent conjointement l'unique allocation optimale du facteur, conditionnelle au quota, à travers les pays participants. La notion d'optimalité employée ici est contrainte par le quota comme, par exemple, dans l'analyse de Santore et al. (2001, page 201). Dans la suite, nous indiquerons cette unique allocation par  $(x_j^*)_{j \in \mathcal{F}}$ .

Puisque, à l'équilibre,  $D_j^{-1}(x_j) = p + \delta + \theta_j$ ,  $\forall j \in \mathcal{F}$ , il est clair que seules des taxes uniformes  $\theta = \theta_j$  à travers les participants  $\forall j \in \mathcal{F}$  sont susceptibles de soutenir l'allocation efficiente  $(x_j^*)_{j \in \mathcal{F}}$ . Nous allons désormais montrer que, de plus, ces taxes uniformes ne doivent pas être trop élevées pour garantir que le quota soit contraignant :

$$\theta^* \leq \bar{\theta}, \quad (20)$$

où  $\bar{\theta}$  sera déterminé peu après.

Il existe un ensemble continu de telles taxes uniformes. Leur multiplicité s'explique par la propriété suivante : un accroissement de  $\theta$  – dès lors que  $\theta$  n'est pas trop élevé ; voir plus bas – est exactement absorbé par une réduction équivalente du prix des droits à polluer  $\delta$  et, ainsi, n'implique aucune déviation de l'allocation optimale. D'abord, (12) est valide, en particulier, lorsque les taxes sont identiques  $\theta_j = \theta$ ,  $\forall j \in \mathcal{F}$  ; cela signifie que le prix international  $p$  du bien est insensible à des variations d'une taxe uniforme  $\theta$ . Ensuite, lorsque  $\theta_j = \theta$ ,  $\forall j \in \mathcal{F}$ , (10), implique

$$\frac{d\delta}{d\theta} = -1, \forall \theta \leq \bar{\theta}. \quad (21)$$

Cette relation "un-pour-un" entre une taxe uniforme et le prix des droits implique qu'à l'équilibre  $\delta$  peut se définir comme la fonction suivante de  $\theta$  :

$$\delta(\theta) = \bar{\delta} - \theta, \forall \theta \leq \bar{\theta}, \quad (22)$$

où  $\bar{\delta} = \delta(0) > 0$  est le prix d'équilibre des droits qui prévaudrait en l'absence de taxe. Comme  $\delta$  ne peut devenir négatif, l'égalité  $\delta + \theta = \bar{\delta}$  ne peut être satisfaite que lorsque  $\theta \leq \bar{\delta}$ . Ainsi, la borne supérieure du continuum de taxes uniformes optimales est

$$\bar{\theta} \equiv \bar{\delta}. \quad (23)$$

Une taxe uniforme plus élevée  $\theta > \bar{\theta}$  impliquerait un prix total  $p + \delta + \theta$  au-delà du prix  $p + \bar{\delta}$  qui équilibre le marché du facteur à l'intérieur du marché de droits en l'absence de taxe. Dans ce cas, la demande totale serait plus petite que le quota,  $\sum_j D_j(p + \delta + \theta) < \bar{Q}$ , violant une des conditions d'efficacité du marché de droits.

La proposition suivante résume les résultats obtenus dans cette sous-section.

**Proposition 3 (Taxes optimales)** *Les taxes des pays participant au marché de droits qui garantissent l'efficacité de ce marché*

1. *sont uniformes à travers les pays participants ;*
2. *doivent être suffisamment basses pour que le quota de droits soit atteint.*

#### *B. Le Principe de Hahn, Autres Allocations Optimales, et Implications*

L'analyse précédente implique que l'efficacité du marché de droits à polluer serait restaurée par la mise en place d'une taxe uniforme  $\theta^* \leq \bar{\theta}$  dans le marché de droits. La question

est désormais de savoir quelles distributions des droits  $(q_{j0})_{j \in \mathcal{F}}$  incitent les pays participants à adopter de telles taxes optimales ?

Comme décrit plus haut, toute taxe uniforme  $\theta^* \leq \bar{\theta}$  implique, par (22),  $\delta + \theta = \bar{\delta}$ , et induit l'allocation efficiente  $(x_j^*)_{j \in \mathcal{F}}$ . Partant de là, des manipulations algébriques simples de l'expression des taxes d'équilibre (18) permettent de montrer qu'induire le pays  $i \in \mathcal{F}$  à adopter la taxe uniforme  $\theta^*$  requiert de lui donner le montant de droits

$$q_{i0}^*(\theta^*) = x_i^* + \theta^* \sum_{j \in \mathcal{F} \setminus i} \frac{x_j^* \xi_{Dj}(\cdot)}{p + \bar{\delta}}. \quad (24)$$

Ce montant de droits  $q_{i0}^*(\theta^*)$  est croissant avec la consommation optimale  $x_i^*$  ainsi qu'avec le degré d'influence du pays en question

$$\frac{d\delta}{dx_i} = \frac{-1}{\frac{\sum_{j \in \mathcal{F} \setminus i} x_j \xi_{Dj}(\cdot)}{p + \bar{\delta}}}.$$

Notre analyse de la taxation des pays participants révèle que les pays tendent à mettre en place des taxes plus élevées lorsqu'ils sont de plus larges consommateurs du facteur polluant et lorsqu'ils ont davantage d'influence sur le prix international des droits. En même temps, ils choisissent des taxes plus basses lorsqu'ils détiennent plus de droits. La règle de distribution optimale (24) est donc intuitive : elle commande, pour inciter les pays à adopter le même niveau de taxe, de donner plus de droits aux pays qui tendent à imposer des taxes plus hautes.

Le cas le plus simple est celui de la taxe uniforme nulle :  $\theta^* = 0$ . A partir de (18) – ou de (24) – il apparaît immédiatement que chaque pays du marché de droits est amené à ne pas taxer le facteur polluant ( $\theta_i^e = 0, \forall i \in \mathcal{F}$ ) dès lors que sa dotation en droits

$q_{i0}^*$ ,  $i \in \mathcal{F}$ , est exactement égale à la quantité qu'il émet à l'équilibre de premier rang  $x_i^*$  ainsi atteint. Ce résultat ressemble à celui de Hahn (1984) selon lequel les entreprises ayant du pouvoir de marché sur le marché des droits doivent recevoir le nombre de droits qu'elles utilisent à l'équilibre de premier rang. Dans le présent article, les entreprises sont compétitives, mais le pouvoir de marché peut s'exercer au niveau des pays, par l'exercice de taxation des gouvernements qui maximisent égoïstement leur surplus domestique respectif. Dans ce contexte, le principe de Hahn s'applique au niveau des pays : il signifie que lorsqu'on donne à chaque pays le nombre de droits qu'il utilise, on annule ses échanges nets sur le marché des droits, annihilant son intérêt à exercer son pouvoir de marché pour manipuler le prix des droits dans un sens ou dans un autre.

La solution de Hahn  $q_{i0}^* = x_i^*$  implique clairement que la totalité des droits  $\bar{Q}$  soit distribuée gratuitement aux pays participants, c'est-à-dire qu'aucun droit ne soit mis aux enchères au niveau supranational<sup>10</sup> :  $\gamma = 1$ .

Il existe toutefois d'autres distributions des droits optimales  $(q_{i0}^*)_{i \in \mathcal{F}}$  satisfaisant (7) :  $\sum_{i \in \mathcal{F}} q_{i0}^* = \gamma \bar{Q}$ , où  $\gamma < 1$ . De telles distributions induisent les pays à adopter des taxes uniformes, mais strictement positives. A partir de (24), une distribution optimale des droits peut être définie comme une fonction des niveaux de taxes uniformes  $\theta^*$  que la distribution induit :  $(q_{i0}^*)_{i \in \mathcal{F}}(\theta^*)$ ,  $\theta^* \leq \bar{\theta}$ . Chaque distribution  $(q_{i0}^*)_{i \in \mathcal{F}}(\theta^*)$  correspond, par (7), à une certaine fraction  $\gamma$  des droits distribués gratuitement. De cette manière, la taxe uniforme induite  $\theta^*$  peut être définie comme une fonction de  $\gamma$

$$\theta^*(\gamma), \tag{25}$$

---

10. Comme expliqué plus haut, les droits distribués aux gouvernements gratuitement peuvent être mis aux enchères par ces derniers, sans conséquence sur l'équilibre.

dont l'Appendice mathématique démontre qu'elle est décroissante :  $\theta^{*\prime}(\gamma) < 0$ .

Étant donné que le principe de Hahn, suivant lequel donner tous les droits ( $\gamma = 1$ ) de sorte que  $q_{i0}^* = x_i^*$ ,  $i \in \mathcal{F}$ , induit  $\theta^* = 0$ , alors  $\theta^*(1) = 0$ . Il s'ensuit que  $\theta^*(\gamma) > 0$  pour tout  $\gamma < 1$ .

Cela étant dit, toutes les taxes positives uniformes ne peuvent pas être mises en place. D'une part, comme nous l'avons déjà démontré, les taxes uniformes ne restaurent l'efficience du marché des droits que si elles sont plus petites que  $\bar{\theta}$ ; les taxes plus élevées ne permettent pas d'atteindre le quota visé. D'autre part, pour chaque pays  $i \in \mathcal{F}$ , il existe une taxe uniforme maximale qu'on ne peut faire adopter à ce pays. Cette borne supérieure correspond à une dotation nulle en droits à polluer. Dans l'Appendice, nous caractérisons cette borne à travers l'ensemble des pays participants et la désignons par  $\bar{\bar{\theta}}$ . Par définition,  $\theta^* \leq \bar{\bar{\theta}}$ .

En fin de compte, les taxes uniformes optimales et réalisables sont  $\theta^* \leq \min\{\bar{\theta}, \bar{\bar{\theta}}\}$ . Donc, par (25), chaque taxe optimale et réalisable  $\theta^* \in [0, \min\{\bar{\theta}, \bar{\bar{\theta}}\}]$  est induite par une distribution particulière des droits, correspondant à une fraction donnée  $\gamma \in [\max\{\bar{\gamma}, \bar{\bar{\gamma}}\}, 1]$ , où  $\bar{\gamma} \equiv \theta^{*-1}(\bar{\theta})$  et où  $\bar{\bar{\gamma}} \equiv \theta^{*-1}(\bar{\bar{\theta}})$ . En d'autres termes, restaurer l'efficience du marché requiert de donner gratuitement une fraction  $\gamma$  suffisamment large du quota  $\bar{Q}$ .

La proposition suivante résume les derniers résultats que nous avons obtenus.

**Proposition 4 (Distributions optimales des droits à polluer)** *La distribution des droits à polluer permet de restaurer l'efficience du marché en induisant les pays participants à taxer le facteur polluant de manière uniforme.*

1. *En général, les distributions optimales de droits requièrent de donner relativement plus de droits aux pays qui consomment plus du bien polluant et qui ont le plus d'influence sur le prix des droits;*
2. *Ces distributions optimales requièrent qu'une fraction suffisamment large de droits émis*



*soient distribués gratuitement aux pays ;*

3. *Une distribution optimale particulière obéit au principe de Hahn (1984) : elle consiste à distribuer gratuitement l'ensemble des droits aux pays participants de manière à couvrir exactement leur besoin en droits à l'équilibre de premier rang.*

## V. Conclusion

La mise en place de marchés internationaux de droits à polluer est justifiée par leur efficience. Cependant, en général, cette efficience est compromise par les taxes locales que les pays participants imposent sur les biens polluants : des taxes locales différentes entre pays participants impliquent des coûts marginaux d'abattement différents, ce qui signifie que la pollution n'est pas réduite là où cette réduction est la moins coûteuse. En fait, l'efficacité d'un marché de droits à réduire une externalité globale n'est compatible qu'avec une taxation uniforme des biens polluants à travers les pays participants.

Notre analyse développe un argument pour prendre en compte cet aspect dans la distribution des droits. En effet, nous montrons que des droits adéquatement distribués annihilent les incitations d'un pays à adopter une taxe différente des autres pays. La manière la plus simple de faire cela est d'appliquer le "principe de Hahn" : distribuer l'intégralité des droits gratuitement à hauteur des besoins en droits des pays dans l'équilibre de premier rang. Un continuum d'autres distributions induisent une taxation uniforme à l'intérieur du marché ; elles impliquent de distribuer plus de droits aux pays qui en ont le plus besoin et qui ont la plus grande influence sur le prix des droits. Ces autres distributions optimales, au contraire du principe de Hahn, permettent de ne pas distribuer l'intégralité des droits gratuitement et, donc, d'en mettre une partie aux enchères. Nous montrons qu'elles requièrent, cependant, qu'une fraction suffisante des droits soient distribués gratuitement.

Notre analyse ne prend pas en compte certains aspects susceptibles de biaiser les règles de distribution optimale que nous avons obtenues : par exemple, les externalités transfrontalières, la nécessité pour les gouvernements de lever des revenus, les interactions stratégiques entre pays participants sur d'autres marchés. Ces aspects mériteraient certainement d'être abordés dans des recherches futures.

Quoiqu'il en soit, l'existence de sous-juridictions souveraines à l'intérieur des marchés internationaux de droits à polluer remet en cause deux propriétés importantes et profondément installées dans l'esprit des économistes : l'efficience du marché et la non-pertinence de la distribution des dotations initiales. La distribution des dotations dans les marchés de droits doit tenir compte des incitations des pays participants à distordre l'allocation à leur avantage par les instruments qu'ils contrôlent.

## APPENDICE

### A Caractérisation de la Fonction (25)

La somme des expressions (24) sur l'ensemble des pays  $i \in \mathcal{F}$  donne

$$\gamma \bar{Q} = \bar{Q} + \theta^* \sum_{i \in \mathcal{F}} \sum_{j \in \mathcal{F} \setminus i} \frac{x_j^* \xi_{Dj}(\cdot)}{p + \bar{\delta}}, \quad (\text{A.1})$$

qui définit implicitement la taxe uniforme  $\theta^*$  induite comme une fonction décroissante de la fraction  $\gamma$  des droits distribués gratuitement aux pays participants : c'est cette fonction que (25) désigne.

### B Caractérisation du Seuil $\bar{\theta}$

A partir de (18), il apparaît que la taxe optimale – c'est-à-dire, restaurant l'allocation de premier rang – la plus élevée que le pays  $i \in \mathcal{F}$  peut être amené à adopter correspond au cas où aucun droit n'est alloué à ce pays :

$$\bar{\theta}_i^* = \frac{-x_i^*}{\sum_{j \in \mathcal{F} \setminus i} \frac{x_j^* \xi_{Dj}(\cdot)}{p + \bar{\delta}}} > 0.$$

Ainsi, la taxe uniforme maximale est

$$\bar{\theta} \equiv \min_{i \in \mathcal{F}} \{\bar{\theta}_i^*\}. \quad (\text{B.1})$$

En outre, la relation (A.1) permet alors de montrer l'inégalité  $\bar{\theta} < \theta^*(0)$ .

## REFERENCES

- Bergstrom, T. C. (1982), "On Capturing Oil Rents with a National Excise Tax", *American Economic Review*, 72 : 194-201.
- Broda, C., N. Limão et D. E. Weinstein (2008), "Optimal Tariffs and Market Power : The Evidence", *American Economic Review*, 98 : 2032-2065.
- Caillaud, B., et G. Demange (2016), "Joint Design of Emission Tax and Trading Systems", Documents de Travail de l'École d'Économie de Paris, 2015-03.
- Cropper, M. E., et W. E. Oates (1992), "Environmental Economics : A Survey", *Journal of Economic Literature*, 30 : 675-740.
- Dornbusch, R. (1971), "Optimal Commodity and Trade Taxes", *Journal of Political Economy*, 79 : 1360-1368.
- Friedlander, A. F., et A. L. Vandendorpe (1968), "Excise Taxes and the Gains from Trade", *Journal of Political Economy*, 76 : 1058-1068.
- Hahn, R. W. (1981), "An Assessment of the Viability of Marketable Permits", Ph.D. thesis, California Institute of Technology.
- Hahn, R. W. (1984), "Market Power and Transferable Property Rights", *Quarterly Journal of Economics*, 99 : 753-765.
- Hintermann, B. (2011), "Market Power, Permit Allocation and Efficiency in Emission Permit Markets", *Environmental and Resource Economics*, 49 : 327-349.
- Lai, Y.-B. (2008), "Auctions or Grandfathering : The Political Economy of Tradable Emission Permits", *Public Choice*, 136 : 181-200.
- Liski, M., et J.-P. Montero (2011), "Market Power in an Exhaustible Resource Market : The Case of Storable Pollution Permits", *Economic Journal*, 121 : 116-144.
- MacKenzie, I. A., et M. Ohndorf (2012), "Cap-and-trade, Taxes, and Distributional Conflict", *Journal of Environmental Economics and Management*, 63 : 51-65.
- Newbery, D. M. (2008), "Why Tax Energy ? Towards a More Rational Energy Policy", *Energy Journal*, 26 : 1-39.
- Ogawa, H., et D. E. Wildasin (2009), "Think Locally, Act Locally : Spillovers, Spillbacks, and Efficient Decentralized Policymaking", *American Economic Review*, 99 : 1206-1217.

Santore, R., D. H. Robinson et Y. Klein (2001), "Strategic State-Level Environmental Policy with Asymmetric Pollution Spillovers", *Journal of Public Economics*, 80 : 199-224.

Verbon, H. A. A., et C. A. Withagen (2010), "Do Permits Allocations Matter?", CESifo Working Paper 3236.