Document generated on 07/18/2025 3:18 p.m.

L'Actualité économique

Les permis d'émission et les charges : efficacité et substituabilité
Emission Permits and Charges: Efficiency and Substitutability

Quentin R. Grafton and Rose Anne Devlin

Volume 70, Number 2, juin 1994

La firme et l'environnement

URI: https://id.erudit.org/iderudit/602139ar
DOI: https://doi.org/10.7202/602139ar

See table of contents

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)
1710-3991 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Grafton, Q. R. & Devlin, R. A. (1994). Les permis d'émission et les charges : efficacité et substituabilité. *L'Actualité économique*, *70*(2), 159–176. https://doi.org/10.7202/602139ar

Article abstract

This paper examines how the pollution generating technologies of firms affect the efficacy of tradeable emission permits. It is shown that the ability of firms to substitute among pollutants whenever markets are missing for a subset of pollutants is likely to prevent the dynamic efficiencies normally attributed to market based instruments. We argue that regulators have a readily implementable rule for assessing the extent of this problem. The paper also examines how the government may capture the scarcity rent that accrues to tradeable permits allocated *gratis*. We compare the effects of four possible methods of rent capture: an emissions permit rental charge, profit charge, output charge, and an emissions permit transfer charge. These methods of rent capture are shown to have different impacts on the efficiency of tradeable emission permits. The methods of rent capture are also examined whenever the regulator faces imperfect information and firms can substitute among pollutants.

Tous droits réservés © HEC Montréal, 1994

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

L'Actualité économique, Revue d'analyse économique, vol. 70, nº 2, juin 1994

LES PERMIS D'ÉMISSION ET LES CHARGES : EFFICACITÉ ET SUBSTITUABILITÉ*

R. Quentin GRAFTON
Rose Anne DEVLIN
Département de science économique
Université d'Ottawa

RÉSUMÉ — Cet article examine l'effet des technologies polluantes sur l'efficacité de l'échange des permis d'émissions. Nous démontrons que la capacité des entreprises à substituer les polluants, lorsqu'il y a absence de marché pour certains d'entre eux, fera probablement obstacle à l'efficacité dynamique normalement attribuée aux instruments de marché. Il est à noter que le régulateur dispose d'une mesure qui lui permet d'évaluer l'ampleur de ce problème. Par ailleurs, on examine la façon dont le gouvernement peut s'approprier la rente provenant de l'échange de permis alloués gratuitement. Nous comparons les effets de quatre méthodes d'appropriation de rente, soit une surcharge sur le prix des permis d'émission, une charge sur les profits, une charge sur le produit et une charge sur le transfert des permis d'émission. On démontre que ces méthodes d'appropriation de rente ont des effets différents sur l'efficacité des permis d'émission transférables. L'analyse de ces méthodes est faite dans un contexte où le régulateur fait face à de l'information imparfaite et où les entreprises peuvent substituer les polluants.

ABSTRACT — *Emission Permits and Charges: Efficiency and Substitutability.* This paper examines how the pollution generating technologies of firms affect the efficacy of tradeable emission permits. It is shown that the ability of firms to substitute among pollutants whenever markets are missing for a subset of pollutants is likely to prevent the dynamic efficiencies normally attributed to market based instruments. We argue that regulators have a readily implementable rule for assessing the extent of this problem. The paper also examines how the government may capture the scarcity rent that accrues to tradeable permits allocated *gratis*. We compare the effects of four possible methods of rent capture: an emissions permit rental charge, profit charge, output charge, and an emissions permit transfer charge. These methods of rent capture are shown to have different impacts on the efficiency of tradeable emission permits. The methods of rent capture are also examined whenever the regulator faces imperfect information and firms can substitute among pollutants.

---

* Les auteurs apprécient beaucoup les commentaires de G. Grenier, P. Lanoie, D. Rowlands, J. Silva-Echenique et deux évaluateurs anonymes très consciencieux. De même, ils remercient Chantal Pelletier pour son assistance linguistique. R. A. Devlin voudrait remercier le C.R.S.H.C. pour son appui financier.

INTRODUCTION

Cet article étudie deux thèmes importants concernant les plans d'échange des permis d'émission de pollution. En premier lieu, nous analysons l'impact de la technologie polluante d'une entreprise sur l'efficacité du plan d'échange. En deuxième lieu, nous discutons des moyens dont le gouvernement peut disposer pour s'approprier l'éventuelle rente sur la ressource provenant de l'allocation des permis d'émission. Cette étude découle de l'utilisation accrue de certains instruments économiques par les gouvernements, tels les permis d'émission, pour contrôler les émissions polluantes des firmes. Cette tendance a été clairement mise en évidence par les modifications apportées au *Clean Air Act* des États-Unis en 1990, qui ont permis la mise en place du système d'échange de permis de pollution le plus complet au monde (Portney, 1990). Par ailleurs, le Canada et les États-Unis envisagent de mettre en place un plan conjoint d'échange de permis dans le but de remédier au problème des pluies acides (Menz, 1992).

La première partie de l'article examine les conséquences de la capacité d'une entreprise à substituer les polluants sur l'efficacité de l'échange de permis. Dans ce sens, ce travail se rapproche des études traitant des pêches où il a été démontré que les pêcheurs, dans la mesure du possible, substituent les intrants non réglementés aux intrants réglementés. Cette substitution permet aux pêcheurs de contourner les politiques qui visent à contrôler leurs prises[1]. Ainsi, il est fort probable qu'une telle réaction surgisse lorsque les entreprises ont la possibilité d'échanger des permis d'émission de polluants. Les comportements qu'adopteront les firmes dépendent des politiques de réglementation imposées par le régulateur. Plus spécifiquement, leurs réactions dépendront de l'existence de permis pour tous les polluants émis ainsi que des possibilités de substitution qu'offre leur technologie de production. Donc, même si le nombre de permis émis pour certains polluants correspond au nombre désirable, cela peut s'avérer insuffisant pour assurer l'efficacité au sens de Pareto.

La deuxième partie de l'article traite de l'efficacité à court terme de certaines charges imposées sur les permis transférables. L'étude des effets de diverses charges se justifie par l'existence possible d'une rente provenant de la création de permis transférables. On doit donc déterminer quels sont les moyens dont peut disposer le gouvernement pour s'approprier la rente et qui n'affecteraient pas l'efficacité des permis transférables. Nous démontrons qu'une charge sur les profits réalisés par les firmes et une charge sur le prix des permis d'émission sont toutes deux compatibles avec la notion d'efficacité.

La dernière partie de cette étude traite des conséquences de la capacité des entreprises à substituer les polluants sur les diverses méthodes d'appropriation de la rente accessibles au régulateur. Les revenus provenant de la récupération

1. Squires (1987) et Dupont (1990) fournissent une discussion détaillée ainsi qu'une étude empirique portant sur la substitution des intrants dans l'industrie des pêches.

de la rente pourraient être utilisés pour réduire l'asymétrie informationnelle qui existe entre le régulateur et les entreprises polluantes. Cela permettrait d'atténuer le problème d'information fréquemment rencontré par les autorités centrales.

Cet article fournit un certain nombre de contributions dans le domaine de l'économie de l'environnement. Il est généralement reconnu qu'un plan d'échange de permis, spécifié de façon appropriée, sera plus efficace que l'approche traditionnelle de réglementation (obliger les entreprises à polluer en deçà d'un seuil et exercer un certain contrôle) car celui-ci encouragera les entreprises à choisir la technologie la plus désirable socialement (Milliman et Prince, 1989; Marin, 1991). Nous identifierons des circonstances pour lesquelles «*...the dynamic advantages of an economic incentive approach...*[les avantages dynamiques d'une approche économique incitative]» (Tietenberg, 1990: 28) peuvent ne pas se manifester. Par exemple, si les entreprises peuvent substituer les polluants et que l'obtention de permis implique un coût d'opportunité, alors les entreprises peuvent être incitées à rechercher d'autres technologies dont l'utilisation ne requiert pas de permis. Même s'il existe une littérature volumineuse sur l'efficacité des taxes, des subsides pigouviens et des charges effluentes, les effets de l'appropriation de la rente sur le comportement des entreprises ayant accès à des programmes d'échange de permis ont été presque totalement négligés. Cet article vient donc combler ce vide important dans la littérature de l'économie de l'environnement[2].

1. LE MODÈLE

Nous supposons que les entreprises cherchent à maximiser leurs profits, qu'elles opèrent dans un marché en concurrence parfaite au niveau des intrants et des extrants et qu'elles ne font face à aucune incertitude. Nous faisons aussi l'hypothèse que la quantité de pollution émise varie selon le type d'entreprise. Afin de rendre le modèle plus malléable, nous supposons également qu'il n'existe que deux types d'entreprises: N du type 1 et M du type 2. Ces deux types d'entreprises se distinguent par leurs émissions et le coût externe imposé par ces émissions.

Les entreprises ont des technologies de production identiques représentées par une fonction de production concave qui transforme un intrant en un extrant,

$$q_i = l_i^{1/a} \tag{1}$$

où q_i représente la quantité produite, l_i représente l'intrant utilisé par l'entreprise i, et $a > 1$. De plus, les firmes polluent selon la relation suivante:

2. Des recherches concernant les taxes pigouviennes, les charges effluentes et les subsides ont été réalisées par Baumol (1972), Lee (1975), Lee et Misiolek (1986), Tietenberg (1978), Barnett (1980), Misiolek (1980), Brown et Johnson (1984), Hamilton *et al.* (1989), Oates et Strassman (1984), et Terkla (1984), ainsi que d'autres auteurs.

$$e_i = \frac{q_i}{\alpha_i} \tag{2}$$

où e_i est la quantité émise de polluant et α_i représente l'inverse des émissions moyennes par unité de production.

S'il est possible pour le régulateur de déterminer la quantité efficace de permis transférables, alors on peut démontrer que la solution de marché coïncide avec la solution efficace au sens de Pareto. Ce résultat est valide même si les firmes émettent des polluants hétérogènes à condition que le régulateur établisse la quantité optimale de permis pour *chaque* polluant. On suppose aussi que l'allocation des permis est basée sur l'output de la dernière période (*grandfathered*). De plus, le marché des permis est concurrentiel. Dans la section qui suit, nous nous attarderons au cas où le régulateur émet des permis seulement pour un sous-ensemble des polluants émis par les entreprises.

1.1 *Polluants hétérogènes: marchés incomplets*

Il existe plusieurs cas où les programmes d'échange de permis ne considèrent qu'un certain nombre de polluants issus d'une industrie particulière. En effet, l'initiative la plus récente des États-Unis a introduit un programme de permis échangeables de grande envergure qui met l'accent presqu'exclusivement sur les émissions d'anhydride sulfureux (SO_2). De telles politiques exclusives sont justifiables dans la mesure où il existe déjà une réglementation qui limite l'émission d'autres substances polluantes non réglementées par les politiques concernées. Nous examinons une telle politique lorsque les entreprises peuvent ou ne peuvent pas techniquement substituer les polluants.

1.1.1 *Polluants émis dans des proportions fixes: les marchés manquants*

Nous supposons que les entreprises émettent deux polluants y et z dans des proportions fixes. Les fonctions de pollution sont alors définies par :

$$q_i = \beta_i y \tag{3}$$

$$q_i = \delta_i z \tag{4}$$

Les fonctions d'externalités pour les deux polluants sont définies par :

$$C_y = c_y\left[\frac{Nq_1}{\beta_1} + \frac{Mq_2}{\beta_2}\right] \tag{5}$$

$$C_z = c_z\left[\frac{Nq_1}{\delta_1} + \frac{Mq_2}{\delta_2}\right] \tag{6}$$

où c_y et c_z représentent respectivement le coût par unité d'émission des polluants y et z, alors que C_y et C_z sont les coûts totaux. Vous noterez que l'on suppose que le coût marginal externe imposé par le polluant y est indépendant de la quantité du polluant z émise dans l'environnement et vice-versa[3]. Nous supposons, encore une fois, que le régulateur peut déterminer Y^*, la quantité efficace du polluant y. De plus, il impose une limite z^c_i sur la quantité totale du polluant z qui pourra être émise par l'entreprise i, $z^c_i > z^*_i$[4].

Étant donné qu'il y a un coût d'opportunité associé aux permis d'émissions du polluant y, on peut exprimer la fonction de profit d'une entreprise i par :

$$EP_i = Pq_i - Wq_i^a - \Gamma_y r \frac{q_i}{\beta_i} \tag{7}$$

où P est le prix d'extrant, W est le prix d'intrant, Γ_y est le prix des permis au marché et r est le taux d'intérêt. L'équilibre du marché des permis nous assure que toutes les entreprises attribuent une même valeur marginale au dernier permis obtenu.

$$\beta_i(P - aWq_i^{a-1}) = \beta_j(P - aWq_j^{a-1}) = \Gamma_y r \quad \forall \quad i, j \tag{8}$$

Lorsqu'on connaît le niveau de pollution efficace Y^* alors $\Gamma_y r = c_y + c_z\,(\beta_i/\delta_i)$ si $(\beta_i/\delta_i) = (\beta_j/\delta_j)$ pour tout i et j. Conséquemment, le niveau de production concurrentiel sera identique au niveau d'output efficace. Puisque l'on a supposé que les polluants sont émis dans des proportions fixes où $(\beta_i/\delta_i) = (\beta_j/\delta_j)$, alors le niveau optimal de production q_i^* permettra d'atteindre les niveaux d'émission optimaux pour y et z. Ainsi, l'établissement d'un plan d'échange de permis pour une substance polluante entraînera des niveaux d'émission efficaces pour tous les autres polluants provenant des entreprises concernées. Cette dernière conclusion est valable à condition que ces autres émissions polluantes soient produites en proportions fixes et que le nombre de permis soit adéquat.

Dans un contexte d'information incomplète, l'hypothèse à savoir que $z^c_i > z^*_i$ n'est plus pertinente puisque le régulateur pourrait restreindre le polluant z à un niveau *sous* le seuil optimal. Dans une telle situation, les entreprises pourraient ne pas disposer de tous les permis d'émission du polluant y disponibles. Par conséquent, le niveau de production ne serait pas optimal. Ainsi, lorsque les technologies polluantes utilisées par les entreprises sont régies par des proportions fixes et que le régulateur peut déterminer le niveau optimal d'un des

3. De même, on suppose que le coût marginal externe imposé par un polluant est indépendant de sa concentration dans l'air ambiant. Bien que ces hypothèses ne soient pas toujours réalistes, elles nous permettent cependant de nous concentrer davantage sur le problème de substitution entre les polluants. Pour une discussion détaillée à ce sujet, voir Dewees (1992).

4. Notons que si $z^c_i < z^*_i$ alors le nombre de permis disponibles ne représente pas une contrainte pour les firmes. Le problème devient alors similaire à celui de *command and control*.

polluants, alors il *ne* devrait *pas* imposer une limite pour chacun des autres polluants afin d'éviter que $z^c_i < z^*_i$.

1.1.2 *Substitution entre les polluants: marchés manquants*

Le problème des marchés inexistants pour certains polluants peut aussi être examiné dans un environnement technologique permettant de substituer les polluants. La réaction de l'industrie automobile aux modifications du *Clean Air Act* des États-Unis en 1965 en est un bel exemple. Les changements initiaux et subséquents avaient pour but de réduire l'émission de gaz polluants tels les hydrocarbones et le monoxyde de carbone provenant des automobiles. Suite à ces modifications, les manufacturiers d'automobiles installèrent des convertisseurs catalytiques, ce qui contribua significativement à la hausse des émissions d'oxyde sulfurique. De plus, en réponse à la réglementation du gouvernement, les manufacturiers fabriquèrent des moteurs qui fonctionnaient à de hautes températures. Ces moteurs avaient l'avantage de réduire les quantités d'hydrocarbone mais contribuaient simultanément à augmenter les émissions d'oxyde d'azote[5].

Pour éviter ce genre de réaction, les plans d'échange de permis qui furent mis en place ultérieurement tenaient compte explicitement des possibilités de substitution entre les polluants des entreprises[6]. Ainsi, le régulateur devait fixer régulièrement les bornes supérieures d'émission z de polluants substituts. Le niveau courant des émissions est communément utilisé comme point de départ. Définissons z^c_i comme étant la quantité maximale fixée pour les émissions du polluant z par l'entreprise i. Nous supposons que la quantité efficace au sens de Pareto du polluant z émis par l'entreprise i est z^*_i et $z^c_i > z^*_i$. Posons A_i comme étant l'allocation initiale des permis d'émission de l'entreprise i et t_i le résultat net de l'échange de permis par l'entreprise i. Si on obtient $t_i > 0$ alors des permis ont été achetés. Si, au contraire, $t_i < 0$ alors des permis ont été vendus. En supposant que la fonction de production est Cobb-Douglas et que le nombre optimal de permis est fixé pour le polluant y, alors le problème à court terme qui se pose à l'entreprise i est la maximisation de la fonction objective suivante par rapport à q_i et t_{iy}:

$$EP_i = Pq_i - wq_i^a - \Gamma_y r(A_{iy} + t_{iy}) \tag{9}$$

sous les contraintes suivantes :

$$y_i \leq A_{iy} + t_{iy} \tag{10}$$

$$q_i = y_i^{u_i} z_i^{v_i} \tag{11}$$

5. Voir Tietenberg (1992) pour une bonne révision de ces politiques.
6. Voir la discussion dans Krupnick *et al.* (1983).

$$z_i \leq z_i^c \tag{12}$$

Lorsque $\Gamma_y\ r > 0$, l'équation (10) est contraignante et peut être intégrée dans l'équation (9). L'augmentation de la quantité z_i n'impose aucun coût à l'entreprise contrairement à l'augmentation des émissions du polluant y_i. Par conséquent, l'inégalité (12) doit également être une contrainte stricte. En combinant l'équation (11) avec les équations précédentes, on obtient la fonction objective modifiée suivante qui est maximisée par rapport à q_i.

$$EP_i = Pq_i - Wq_i^a - \Gamma_y r\,(q_i z_i^{c^{-v_i}})^{\frac{1}{u_i}} \tag{13}$$

Sans perte de généralité au niveau des résultats, nous pouvons assumer que $u_i = 1$. On obtient ainsi une expression explicite pour q_i. En résolvant le problème de maximisation de l'entreprise i, on trouve l'expression qui suit :

$$q_i = \left[\frac{P - \Gamma_y r z_i^{c^{-v_i}}}{aW}\right]^{\frac{1}{a-1}} \tag{14}$$

En substituant (14) dans la fonction de pollution définie par (11), on obtient la demande de l'entreprise i pour les permis y:

$$y_i = z_i^{c^{-v_i}} \left[\frac{P - \Gamma_y r z_i^{c^{-v_i}}}{aW}\right]^{\frac{1}{a-1}} \tag{15}$$

Puisqu'à l'équilibre, la demande de permis y est égale à l'offre de permis y, alors :

$$Y = Ny_1 + My_2 \tag{16}$$

où y_1 et y_2 sont respectivement les émissions du polluant y des entreprises du type 1 et du type 2. De l'équation (16), on peut dériver une expression pour le prix annuel du permis d'émission pour le marché du polluant y défini par Γy_r. En observant les équations (14) et (15), on constate que Γy_r dépendra, en particulier, de la valeur de $z^c{}_i$. Étant donné que la valeur prise par $z^c{}_i$ est arbitraire, alors le prix des permis d'émission pour y n'égalera pas nécessairement c_y. Par conséquent, la production du marché concurrentiel ne sera pas égale au niveau de production efficace au sens de Pareto. La possibilité qu'ont les firmes de sub-

stituer les polluants provoque l'utilisation d'intrants ayant les plus faibles coûts d'opportunité pour un niveau d'extrant donné[7].

Nous venons d'examiner l'efficacité d'une politique où les permis sont transférables et où la technologie permet une certaine flexibilité de choix quant au type de pollution qu'implique la production. La prochaine partie examine l'efficacité des permis transférables lorsque le régulateur applique différentes politiques d'appropriation de la rente. Tout comme la possibilité de substitution des polluants, l'existence et l'appropriation de la rente ont été très souvent ignorées. Plus spécifiquement, nous comparons quatre méthodes d'appropriation de la rente et leurs effets sur le marché des permis transférables.

2. PERMIS D'ÉMISSION TRANSFÉRABLES ET APPROPRIATION DE LA RENTE

Le régulateur dispose de deux méthodes permettant l'appropriation d'une partie de la rente provenant des permis d'émission transférables, soit les enchères et/ou les charges. Nous ne considérerons que les charges qui sont introduites en même temps que les permis d'émission alloués gratuitement. Les enchères, généralement peu utilisées par les régulateurs, comportent certains avantages et inconvénients. Il a été démontré que les enchères permettent la récupération totale de la rente sous certaines conditions (McAfee et McMillan, 1987). Cependant, les enchères peuvent engendrer des coûts considérables aux entreprises. De plus, si les marchés financiers sont imparfaits, les petites entreprises à capacité d'emprunt limitée peuvent être désavantagées par l'imposition des coûts d'achat des permis.

Les détenteurs de permis de première génération profiteront de rentes résultant d'un plan de permis transférables[8]. Les rentes proviennent de la création de permis échangeables et transférables gratuitement, où les entreprises sont prêtes à payer un montant pour chaque permis égal au coût marginal d'abattement de la pollution. Si les coûts marginaux d'abattement sont positifs, alors le droit de l'entreprise de polluer que lui confère son permis se traduira en une possession de valeur si ce permis lui a été alloué gratuitement. Par conséquent, les vendeurs et les bailleurs de permis recevront un gain monétaire qui est égal à la valeur de leur transfert. L'appropriation de cette rente par le régulateur pourrait être utilisée afin d'améliorer l'information accessible au gouvernement. Cela permettrait

7. Dans cet article nous comparons la politique où le régulateur choisit le niveau optimal d'un polluant (Y^*) et un niveau non optimal de l'autre polluant ($z^c \neq z^*$) à la solution optimale au sens de Pareto. Évidemment, si l'on se trouve dans un environnement imparfait, on devrait plutôt faire une comparaison de second rang soit : comparer la politique (Y^*, z^c) à une politique (y^c, z^c). Puisque qu'un des objectifs de cette étude est de démontrer que les technologies polluantes affectent l'efficacité d'une politique de permis transférables, nous n'avons pas considéré pertinent d'effectuer cette analyse de second rang.

8. L'allocation des permis basée sur la part de marché occupée par les entreprises est une pratique répandue. Par exemple, on peut citer la politique la plus récente des États-Unis visant les émissions de SO_2. Hahn (1989) fournit d'autres exemples traitant de méthodes d'allocation similaires.

à ce dernier d'obtenir une meilleure estimation de la quantité efficace de permis transférables. De même, l'appropriation de cette rente pourrait contribuer à redistribuer les revenus entre les entreprises polluantes et les victimes de cette pollution. Donc, dans l'éventualité où le gouvernement obtient la rente, alors cela pourrait entraîner des conséquences au niveau des entreprises, du régulateur et des victimes de la pollution.

Quels doivent être les critères utilisés dans le choix d'une méthode d'appropriation de la rente ? Afin de répondre à cette question, nous examinerons les effets de quatre méthodes d'appropriation, soit une charge sur les profits, une charge sur le produit, une surcharge sur le prix de permis d'émission (SPPE) et une charge sur le transfert de permis d'émission (CTPE). Les deux premières méthodes ne sont pas reliées directement au plan d'échange des permis contrairement aux deux dernières, qui dépendent du mécanisme d'octroi et d'échange des permis. L'imposition d'une charge sur l'output est fréquemment utilisée pour internaliser les externalités de pollution dans la résolution de divers problèmes environnementaux. Bien que les recherches sur l'internalisation soient relativement abondantes, la littérature sur les permis de marché traitant de l'appropriation de la rente est presque inexistante[9]. Ce n'est que tout récemment que certains chercheurs ont commencé à s'intéresser aux choix de quotas échangeables dans l'industrie des pêches (Grafton, 1992, 1994). Dans la section suivante, nous définissons les quatre types d'appropriation de la rente pour ensuite examiner leurs effets sur les entreprises ayant différentes technologies polluantes.

2.1 *Charge sur le profit*

Une charge sur les profits génère une rente qui est une proportion fixe des profits de l'entreprise où ces derniers sont définis comme étant les revenus moins les coûts totaux excluant le coût d'opportunité attribué à la possession des permis d'émission. Une telle charge devrait être appliquée sur les profits bruts (avant l'application de toute autre forme de taxation) d'une compagnie , c'est-à-dire :

$$\textit{L'appropriation de la rente annuelle de l'entreprise } i,t = \begin{cases} \rho\pi_{it} & \text{si } \pi_{it} > 0 \\ 0 & \textit{autrement} \end{cases}$$

où ρ est le taux de charge sur les profits et $\pi_{it} = EP_{it} + \Gamma_t\, r\, e_{it}$ est le profit de l'entreprise i au temps t.

La charge sur les profits génère des revenus pour le régulateur seulement si les entreprises font des profits. Si les profits sont nuls ou s'il y a pertes, le régulateur n'encaissera pas la rente provenant de la possession des permis

9. Il existe une autre méthode d'appropriation des rente fréqemment citée dans de écrit, soit la vente aux enchères de permis (voir, par exemple, Lyon, 1986 et Milliman et Prince, 1989). Il est intéressant de souligner qu'avec sa nouvelle initiative concernant les émissions de SO_2, le gouvernement américain utilise la vente aux enchères et redistribue ensuite les revenus aux détenteurs de permis (Franciosi *et al.* 1993).

d'émission. Dans ce sens, cette méthode ne permet pas d'obtenir la rente directement, contrairement à une SPPE.

2.2 *Charge sur l'output*

Une charge sur l'output permettrait d'encaisser des rentes provenant des entreprises en un montant fixe par unité d'output, c'est-à-dire :

$$\textit{L'appropriation de la rente annuelle de l'entreprise } i,t = \mu q_{it}$$

où μ est le taux de charge sur l'output et q_{it} l'output au temps t de l'entreprise i[10].

Cette méthode d'appropriation de la rente est similaire à une charge sur le profit dans le sens où elle évalue indirectement les rentes provenant des permis d'émission. En effet, cette méthode utilise l'output pour mesurer la rente plutôt que le niveau des émissions. L'utilisation de cette dernière est justifiable dans la mesure où le coût de la détermination du niveau de production est moindre que celui de la détermination du niveau d'émission.

2.3 *Surcharge sur le prix des permis d'émission*

Cette forme de charge se traduirait par un taux fixe appliqué à la multiplication du prix des permis d'émission par un taux d'intérêt concurrentiel tel que :

$$\textit{L'appropriation de la rente annuelle de l'entreprise } i,t = \theta\Gamma_t re_{it}$$

où θ est le taux de charge sur les émissions, Γ_t est le prix du marché des permis d'émission au temps t, r est le taux d'intérêt compétitif et e_{it} est le nombre de permis d'émission détenus par l'entreprise i au temps t[11].

2.4 *Charge sur le transfert de permis d'émission*

Cette méthode d'appropriation de la rente impose un fardeau au vendeur de permis d'émission. La rente obtenue représente une part des revenus provenant de la vente des permis. Donc, cette méthode permet un transfert direct de la rente en faveur du régulateur[12].

$$\textit{L'appropriation de la rente annuelle par le régulateur } i,t = \eta\Gamma_t\psi_t$$

---

10. Les charges sur l'output prennent la forme de taxes sur des produits potentiellement dangereux pour l'environnement tels que les produits pétroliers et les engrais chimiques (Hahn, 1989).

11. Les charges sur le prix des permis d'émission sont similaires aux charges sur la location des quotas qui ont été proposées pour les quotas de pêche transférables individuellement (Grafton, 1994).

12. L'article ne considère que la vente directe des permis d'émission. S'il avait été possible de louer les permis, alors des charges équivalentes auraient été applicables sur le prix de location.

où Γ_t est le prix moyen payé pour les permis d'émission à perpétuité, ψ_t est la quantité de permis d'émission vendus et η représente le taux de charge sur le transfert.

Le niveau des revenus obtenus par l'intermédiaire de cette méthode dépend du degré de compétition existant sur le marché des permis et du nombre de transferts effectués. En d'autres termes, l'efficacité de la CTPE est très sensible au mécanisme d'attribution des permis d'émission. Les méthodes d'appropriation CTPE et SPPE ont en commun le fait qu'elles se basent, toutes deux, sur le prix des permis d'émission. CTPE se différencie de SPPE par le fait que la charge est exigible lorsqu'il y a échange de permis seulement, laissant les profits des entreprises inchangés[13].

Une difficulté majeure propre à la méthode CTPE est celle de la cueillette de l'information nécessaire à la détermination de la charge totale applicable. En effet, il serait difficile, pour le régulateur, de contrôler les prix de vente ou de location rapportés par les agents. De plus, il serait relativement facile pour un acheteur et un vendeur de ne rapporter que certaines transactions par ententes mutuellement avantageuses. Comme exemple, on peut citer le cas de la province de l'Ontario où les voitures usagées sont sujettes à la taxe de vente provinciale lorsqu'il y a transfert de propriété. Le gouvernement exerce un contrôle serré des transactions enregistrées pour éviter les fausses déclarations des prix de vente rapportés par les parties impliquées qui ont tout intérêt à réduire la taxe exigible.

3. LES CHARGES ET L'EFFICACITÉ À COURT TERME

Les méthodes présentées ci-haut entraînent divers effets sur les entreprises; plus spécifiquement sur leurs décisions à court terme. En effet, l'output produit par une firme pourrait différer de celui produit en l'absence de récupération de la rente par le gouvernement. Dans cette section, nous supposons que les firmes émettent le même polluant selon l'équation (3) et que chaque firme utilise la même technologie de production donnée par (2). Afin de déterminer l'impact de la récupération de la rente, on doit d'abord calculer le niveau de production de l'entreprise sans intervention:

$$\bar{q}_i = \left[\frac{P\alpha_i - \Gamma r}{aW\alpha_i} \right]^{\frac{1}{a-1}} \tag{17}$$

Si le nombre de permis sur le marché correspond à la quantité optimale X^*, alors le prix de location des permis est égal au coût marginal externe imposé par le polluant.

13. Rappelons que la définition du profit n'inclut pas le coût d'opportunité des permis.

Si la rente recueillie ne représente pas plus que la valeur totale de tous les permis d'émission, alors la récupération de la rente par une charge sur le profit ou une SPPE n'altère pas l'équilibre des entreprises. Puisque la charge imposée par la méthode SPPE est entièrement déduite du prix de location de permis, alors le problème de maximisation de la firme à court terme demeure inchangé. Par conséquent, l'output de l'entreprise est le même avec ou sans la politique de récupération SPPE. On trouve un résultat semblable avec l'imposition d'une charge sur le profit. Considérons le résultat suivant :

Proposition 1 *Si les permis d'émissions ont un prix positif, alors l'imposition d'une charge sur le profit ne modifie pas le niveau de production et de pollution des entreprises.*

PREUVE : Sans charge, on peut démontrer que l'équilibre sur le marché des permis est caractérisé par :

$$\alpha_i = \left(\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i}\right) = \alpha_j \left(\frac{\partial \pi_j}{\partial q_j}\right) = \Gamma r \tag{18}$$

Étant donné une fonction de production définie par (1) et une fonction de pollution définie par (2), nous trouvons que :

$$\alpha_i (P - aWq_i^{a-1}) = \alpha_j (P - aWq_j^{a-1}) \tag{19}$$

À l'équilibre sur le marché des permis avec une charge sur le profit $\rho \in [0,1)$, on peut facilement démontrer que :

$$\alpha_i (P - aWq_{\rho i}^{a-1})(1-\rho) = \alpha_j (P - aWq_{\rho j}^{a-1})(1-\rho) \tag{20}$$

Il s'ensuit de (19) et de (20) que :

$$\frac{(P - aWq_{\rho i}^{a-1})}{(P - aWq_{\rho j}^{a-1})} = \frac{(P - aWq_i^{a-1})}{(P - aWq_j^{a-1})} \tag{21}$$

et puis il s'ensuit que :

$$\frac{(P - aWq_{\rho i}^{a-1})}{(P - aWq_i^{a-1})} = \frac{(P - aWq_{\rho j}^{a-1})}{(P - aWq_j^{a-1})} \forall\, i, j \tag{22}$$

Étant donné un nombre fixe de permis d'émissions (X), de même qu'un nombre fixe d'entreprises (n), il s'ensuit que :

$$X = \left[\frac{q_{\rho 1}}{\alpha_1} + \frac{q_{\rho 2}}{\alpha_2} + \ldots + \frac{q_{\rho n}}{\alpha_n}\right] = \left[\frac{q_1}{\alpha_1} + \frac{q_2}{\alpha_2} + \ldots + \frac{q_n}{\alpha_n}\right] \tag{23}$$

Supposons que :

$$\frac{(P - aWq_{\rho i}^{a-1})}{(P - aWq_i^{a-1})} = \frac{(P - aWq_{\rho j}^{a-1})}{(P - aWq_j^{a-1})} \neq 1 \tag{24}$$

mais, étant donné que le nombre des permis et des firmes est fixe, cela implique que l'expression (23) ne tient pas. Par conséquent,

$$\frac{(P - aWq_{\rho i}^{a-1})}{(P - aWq_i^{a-1})} = \frac{(P - aWq_{\rho j}^{a-1})}{(P - aWq_j^{a-1})} = 1 \tag{25}$$

et il s'ensuit immédiatement que $q_{\rho i} = q_i$ et $q_{\rho j} = q_j$ pour tout i et j.

□

Donc, la récupération de la rente par l'intermédiaire d'une SPPE ou d'une charge sur le profit n'affecte pas l'équilibre des entreprises à court terme. Cependant, l'imposition d'une charge sur l'output affectera cet équilibre. Considérons la proposition suivante :

Proposition 2 : *Si les permis d'émissions ont un prix positif, en général une charge sur l'output affectera le niveau de production d'une entreprise.*

PREUVE : Lorsqu'on impose une charge sur l'output, la production d'une entreprise i est définie par :

$$q_{\mu i} = \left[\frac{(P - \mu)\alpha_i - \Gamma_u r}{aW\alpha_i}\right]^{\frac{1}{a-1}} \tag{26}$$

Pour les entreprises i et j, nous constatons immédiatement que

$$q_{\mu i}^{a-1} - q_{\mu j}^{a-1} = \left[\frac{\Gamma_\mu r(\alpha_i - \alpha_j)}{aW\alpha_i\alpha_j}\right] \tag{27}$$

Donc, si $\alpha_i > \alpha_j$ alors $q_{\mu i} > q_{\mu j}$. Étant donné un nombre fixe de permis d'émission, l'équilibre du marché avec une charge sur l'output se caractérise par :

$$\alpha_i(P - aWq_{\mu i}^{a-1} - \mu) = \alpha_j(P - aWq_{\mu j}^{a-1} - \mu) = \Gamma_\mu r \tag{28}$$

Si $\alpha_i = \alpha_j$, alors de (27) on a que $q_{\mu i} = q_{\mu j}$. Donc, *pour un nombre fixe d'entreprises* et un prix de permis positif, il s'ensuit que :

$$\frac{\partial q_{\mu i}}{\partial \mu} = \frac{\partial q_{\mu j}}{\partial \mu} = 0 \tag{29}$$

Si $\alpha_i > \alpha_j$, alors de (27) on a que $q_{\mu i} > q_{\mu j}$. Donc, étant donné un nombre fixe de permis d'émission, un nombre fixe d'entreprises et étant donné que la charge sur l'output $\mu = \mu_1$, l'équilibre au marché assure que :

$$\alpha_i(P - aWq_{\mu i}^{a-1} - \mu_1) = \alpha_j(P - aWq_{\mu j}^{a-1} - \mu_1) \tag{30}$$

Supposons que l'égalité (29) soit vraie, si $\mu_2 > \mu_1$ alors (29) implique que

$$\alpha_i(P - aWq_{\mu i}^{a-1} - \mu_2) < \alpha_j(P - aWq_{\mu j}^{a-1} - \mu_2) \tag{31}$$

Mais, l'équation (31) est une contradiction de (28), laquelle est vraie à l'équilibre pour n'importe quelle valeur de μ. Donc, si $\alpha_i > \alpha_j$ l'équation (29) ne peut être respectée, ce qui signifie que le niveau de production d'au moins une firme est modifié suite à l'imposition de la charge sur l'output.

□

Tout comme l'imposition d'une charge sur l'output, la CTPE modifie le niveau de production efficace des firmes. De plus, le prix payé par l'acheteur de permis n'est pas égal au prix reçu par le vendeur. Donc, une charge de 100% qui permet l'appropriation de toute la rente s'apparente à une situation où les permis d'émission ne sont pas transférables.

4. UNE DISCUSSION: L'APPROPRIATION DE LA RENTE SOUS SUBSTITUTION

La première partie de notre travail a démontré qu'une politique d'échange de permis peut être inefficace si elle ne vise qu'un certain nombre de polluants. Si les entreprises utilisent une technologie où l'émission de pollution est proportionnelle à la production par un facteur fixe, alors une politique d'échange ciblant un seul polluant pourrait permettre, dans certaines circonstances, des niveaux d'émission efficaces pour tous les autres polluants. S'il est techniquement possible de substituer les polluants et si la réglementation gouvernementale pour les polluants n'est pas uniforme, alors les entreprises émettront les polluants de façon inefficace. Dans les deux cas présentés ci-haut, les entreprises peuvent être tentées d'utiliser des technologies qui réduisent les émissions de polluants réglementés et qui produisent davantage de polluants non réglementés (Devlin et Grafton, 1994). La vraisemblance de cette dernière affirmation vient du fait que les entreprises possèdent plus d'information que le régulateur. Si le régulateur utilisait des sources de fonds provenant des revenus des entreprises pour améliorer la qualité de son information, alors les inefficacités décrites ci-haut pourraient être réduites. Ainsi, l'autorité centrale pourrait réglementer toutes les substances polluantes et demeurer au fait quant au coût social des substances polluantes alternatives pouvant être émises par les entreprises.

La deuxième partie de ce texte a démontré que l'imposition d'une charge sur le profit ou une SPPE permettent l'efficacité du marché des permis transférables dans la mesure où les firmes produisent un seul polluant. De plus, si les firmes

émettent plusieurs polluants substituts ou si les polluants sont émis dans une proportion fixe de l'output alors ce résultat demeure valable à court terme. Dans tous ces cas, l'imposition de ces charges par le régulateur ne modifie pas le problème d'optimisation rencontré par les firmes.

Par conséquent, ces politiques n'affectent pas les émissions polluantes des entreprises[14]. Ce résultat tire son importance du fait qu'il indique qu'une politique d'échange de permis utilisée avec une charge sur le profit ou SPPE ne modifie que la distribution des profits entre le régulateur et les firmes. Par contre, une CTPE ou une charge sur l'output altéreront l'efficacité et la distribution de la rente. L'appropriation de la rente par une charge sur le profit ou SPPE pourrait comporter un certain avantage d'ordre fiscal pour le gouvernement. En particulier, les revenus supplémentaires générés par ces deux charges pourraient permettre une diminution des taxes imposées à d'autres secteurs de l'économie ou pourraient être utilisés pour réparer les dommages causés à l'environnement ou encore pour compenser les victimes des émissions polluantes.

La littérature a presque totalement ignoré la question de l'appropriation de la rente pour les permis de pollution à l'exception de la vente aux enchères. On a suggéré que la vente aux enchères des permis de pollution pourrait avoir un effet neutre sur le revenu (Franciosi *et al.*, 1993). Certains auteurs tels Milliman et Prince (1989 : 261) suggèrent que les ventes aux enchères qui provoquent des transferts défavorables aux entreprises polluantes pourraient *encourager* des innovations technologiques désirables. La première partie de ce travail nous apprend que ces innovations pourraient s'avérer indésirables dans la mesure où le régulateur n'est pas parfaitement informé. S'il y a lieu, nous suggérons que les revenus provenant de mécanismes tels que les ventes aux enchères devraient être utilisés pour atténuer l'asymétrie de l'information existant entre le régulateur et l'entreprise polluante.

Un autre avantage relié aux charges est leur effet sur le prix des permis d'émission. Plus précisément, l'appropriation de la rente a pour conséquence de diminuer le prix des permis. Dans un contexte où les marchés financiers sont imparfaits, le prix des permis peut constituer une barrière à l'entrée des firmes dans les industries réglementées par ces permis. C'est-à-dire qu'une entreprise ne pourrait pas emprunter assez de fonds afin d'y entrer. Ainsi, l'imposition des charges pourrait atténuer ce problème puisque les charges diminuent le prix des permis. De plus, dans un contexte d'incertitude, un prix des permis trop élevé pourrait affecter les décisions d'investissement des firmes visant à contrôler le niveau de pollution émis. Tietenberg (1980) a observé que si les firmes sous-évaluent ou surévaluent le prix futur des permis, alors elles n'investissent pas

14. À long terme, il est possible qu'une charge sur le profit puisse affecter la motivation des firmes à rechercher des innovations qui permetttraient de réduire les coûts. De même, cette dernière pourrait favoriser l'émission de substances polluantes non réglementées. Ce dernier résultat ne s'applique pas à une SPPE.

suffisamment ou investissent trop dans le contrôle de la pollution. Dans cette situation, une baisse du prix réduira la possibilité des firmes de prendre de mauvaises décisions quant à leurs investissements.

CONCLUSION

Il a été démontré que les entreprises opérant dans des marchés parfaitement concurrentiels, pour l'output et les permis de pollution, n'atteindront pas des niveaux de pollution et d'output efficaces s'il y a absence de marchés pour certains polluants émis. En effet, la capacité qu'ont les entreprises à substituer les polluants au niveau du processus de production et la piètre qualité de l'information que possède le régulateur justifient l'énoncé précédent.

La plus récente politique de permis adoptée par les États-Unis, visant les émissions de SO_2, avait pour objectif de réduire de moitié ces émissions d'ici l'an 2010. Cette réduction devait être la conséquence directe d'une baisse graduelle du nombre de permis émis chaque année. Les résultats, mentionnés précédemment, suggèrent que les entreprises pourront satisfaire aux exigences de cette politique en modifiant leur processus de production ; plus spécifiquement en émettant d'autres substances que le SO_2. Cette possibilité de substitution pourrait représenter un obstacle majeur aux plans de l'amélioration de la qualité de l'air ambiant. Ainsi nous suggérons, suite à nos résultats, que les régulateurs devraient se préoccuper non seulement du type de substances polluantes émises par les entreprises mais également de la technologie qui sous-tend ces mêmes émissions.

Enfin, nous avons démontré qu'il existe d'importantes différences quant aux conséquences de l'utilisation de quatre méthodes d'appropriation de la rente provenant d'un plan de permis d'émission. Plus particulièrement, nous avons démontré qu'une charge sur l'output et une CTPE modifieront généralement le résultat concurrentiel obtenu sans l'application de cette même charge. De plus, une charge sur l'output peut augmenter, réduire ou ne pas modifier l'output des diverses entreprises sans affecter la quantité totale d'émission. En outre, une charge sur le profit ou une SPPE n'altèrent pas l'efficacité attribuée aux permis et, à court terme, ne changent pas la motivation des firmes à substituer les polluants non réglementés aux polluants réglementés.

BIBLIOGRAPHIE

BARNETT, A.H. (1980), « The Pigouvian Tax Rule under Monopoly », *American Economic Review*, 70(5): 1037-41.

BAUMOL, W.J. (1972), « On Taxation and the Control of Externalities », *American Economic Review*, 62(3): 307-22.

BROWN G. Jr., et R.W. JOHNSON (1984), « Pollution Control by Effluent Charges : It Works in the Federal Republic of Germany, Why Not in the U.S. », *Natural Resources Journal*, 24(4): 929-66.

DEWESS, D. (1992), « The Efficiency of Pursuing Environmental Quality Objectives : the Shape of Damage Functions,» un article présenté à la réunion de l'Association canadienne d'économique du 5 au 7 juin, 1992.

DEVLIN, R.A., et R.Q. GRAFTON (1994), « Tradeable Permits, Missing Markets, and Technology », *Environmental and Resource Economics*, 4 ; 171-186.

DUPONT. D. (1990), « Rent Dissipation in Restricted Access Fisheries », *Journal of Environmental Economics and Management*, 19(1): 26-44.

FRANCIOSI, R., R. M. ISAAC, D. E. PINGRY, et S. S. REYNOLDS (1993), « An Experimental Investigation of the Hahn-Noll Revenue Neutral Auction for Emissions Licenses », *Journal of Environmental Economics and Management*, 24(1): 1-24.

GRAFTON, R.Q. (1992), « Rent Capture in an Individual Transferable Quota Fishery », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49(3): 497-503.

GRAFTON, R.Q. (1994), « Rent Capture in a Rights Based Fishery », à paraître *Journal of Environmental Economics and Management.*

HAHN, R. W. (1989), *A Primer on Environmental Policy Design, Fundamentals of Pure and Applied Economics*, Vol. 34, Government Ownership and Regulation of Economic Activity Section, Harwood Academic Press, New York.

HAMILTON J.H., E. SHESHINKI, et S.M SLUSTKY (1989), « Production Externalities and Long-Run Equilibria : Bargaining and Pigouvian Taxation », *Economic Inquiry*, 27(3): 453-71.

KRUPNICK, A. J., W. E. OATES, et E. VAN DE VERG (1983), « On Marketable Air -Pollution Permits : The Case for the System of Pollution Offsets », *Journal of Environmental Economics and Management*, 10(3): 346-355.

LEE, D.R. (1975), « Efficiency of Pollution Taxation and Market Structure », *Journal of Environmental Economics and Management*, 2(1): 69-72.

LEE, D.R., et W.S. MISIOLEK (1986), « Substituting Pollution Taxation for General Taxation : Some Implications for Efficiency in Pollution Taxation », *Journal of Environmental Economics and Management*, 13(4): 338-47.

LYON, R. M. (1986), « Equilibrium Properties of Auctions and Alternative Procedures for Allocating Transferable Permits », *Journal of Environmental Economics and Management*, 13(1): 129-152.

MARIN, A. (1991), « Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control : Comment », *Journal of Environmental Economics and Management*, 21(3): 297-300.

MCAFEE, R. P., et J. MCMILLAN (1987), « Auctions and Bidding », *Journal of Economic Literature*, 25(2): 708-747.

MENZ, F. C. (1992), « Minimizing Acidic Deposition Control Costs Through Transboundary Emissions Trading », mimeo, Center for Canadian-U.S. Business Studies, Clarkson University, Potsdam, N.Y., 13699.

MILLIMAN, S. R., et R. PRINCE (1989), « Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control », *Journal of Environmental Economics and Management*, 17(3): 247-265.

MISIOLEK, W.S. (1980), « Effluent Taxation in Monopoly Markets », *Journal of Environmental Economics and Management*, 7(2): 103-07.

PORTNEY, P. R. (1990), « Policy Watch : Economics and the Clean Air Act », *Journal of Economic Perspectives*, 4(4): 173-182.

OATES, W.E., et N.L. STRASSMAN (1984), « Effluent Fees and Market Structure », *Journal of Public Economics*, 24(1): 29-46.

SQUIRES, D. (1987), « Public Regulation and the Structure of Production in Multiproduct Industries : an Application to the New England Otter Trawl Industry », *Rand Journal of Economics*, 18(2): 232-247.

TERKLA, D. (1984), « The Efficiency Value of Effluent Tax Revenues », *Journal of Environmental Economics and Management*, 11(2): 107-23.

TIETENBERG, T. H. (1978), « Spatially Differentiated Air Pollutant Emission Charges : an Economic and Legal Analysis », *Land Economics*, 54(3): 265-77.

TIETENBERG, T. H. (1980), « Transferable Discharge Permits and the Control of Stationary Source Air Pollution », *Land Economics*, 56(4): 391-416.

TIETENBERG, T. H. (1990), « Economic Instruments for Environmental Regulation », *Oxford Review of Economic Policy*, 6(1): 17-33.

TIETENBERG, T. H. (1992), *Environmental and Natural Resource Economics*, Harper-Collins Publisher, New York.