

Comparaison des propriétés des taxes et des permis négociables. Revue de la littérature¹.

Marc Germain

CORE

Université catholique de Louvain

Décembre 2004

Abstract

La présente note vise à résumer un certain nombre de résultats de la littérature consacrée à la comparaison des propriétés respectives de deux instruments de politiques en matière environnementale : les taxes et les permis de pollution négociables. On commence par présenter le modèle de référence de Baumol et Oates (1988). On passe ensuite en revue un certain nombre de résultats obtenus dans le cadre de différentes extensions du modèle de base : combinaison d'instruments, contexte dynamique, modèles avec innovation technologique, modèles avec entrée/sortie de firmes.

¹ Cette note a été rédigée dans le cadre du projet CLIMNEG II, intitulé « Changement climatique et négociations internationales » et financé par le Deuxième plan d'appui scientifique à une politique de développement durable (PADD II, contrat de recherche n°CP/10/243) de la Politique Scientifique fédérale. L'auteur remercie vivement Vincent van Steenberghe pour ses commentaires stimulants.

Introduction

Toute une littérature s'est développée ces trente dernières années autour de la comparaison des mérites respectifs des taxes d'une part, et des permis de pollution négociables d'autre part. Cette littérature a montré pour l'essentiel que, si ces instruments sont équivalents dans un contexte déterministe², il n'en va plus de même dans un contexte d'incertitude. En incertain, les deux instruments peuvent conduire du point de vue du bien-être social à des résultats très différents, avec pour conséquence que la préférence de l'autorité en charge de la politique environnementale (dénommée ci-après l'autorité) pour l'un ou pour l'autre des instruments va dépendre de la situation envisagée.

Les premières contributions consacrées à la comparaison entre taxes et permis (cfr. e.a. Weitzman, 1974) postulent un contexte statique (avec a fortiori un polluant qui ne s'accumule pas (pollution flux)). Baumol et Oates (1988, ch. 5) fournissent un excellent exposé des principaux résultats obtenus dans un tel contexte, qu'on se propose de résumer ci-après. La suite de la présente note sera consacrée à la revue de résultats obtenus au moyen de différentes extensions (notamment dynamiques) du modèle de base.

1. Taxe versus permis : le modèle de base

Le cadre défini par Baumol et Oates (1988, ch. 5) est statique, d'équilibre partiel, et postule une courbe de coûts marginaux de dépollution, et une courbe de coûts de dommages marginaux dus à la pollution, toutes deux fonctions de la quantité de polluant émise (e). La courbe de coûts marginaux de dépollution (C), de pente négative, décrit la fonction de réaction des firmes pollueuses à la politique de l'autorité. Si l'autorité décide d'un quota d'émissions (e^0), le prix des permis correspondant (p^0) se déterminera (dans le cas d'un marché de permis *concurrentiel*) au niveau du coût marginal de réduction correspondant à e^0 (et donc tel que $p^0=C(e^0)$; cfr. Figure 1³). Inversément, si l'autorité

² Et sous l'hypothèse que le marché de permis est parfaitement concurrentiel.

³ Les figures sont regroupées en fin de texte.

fixe une taxe sur les émissions (p^o), les firmes détermineront la quantité de polluant émise correspondante, en égalisant leur coûts marginaux de réduction au niveau de la taxe (formellement : $e^o=C^{-1}(p^o)$ ⁴).

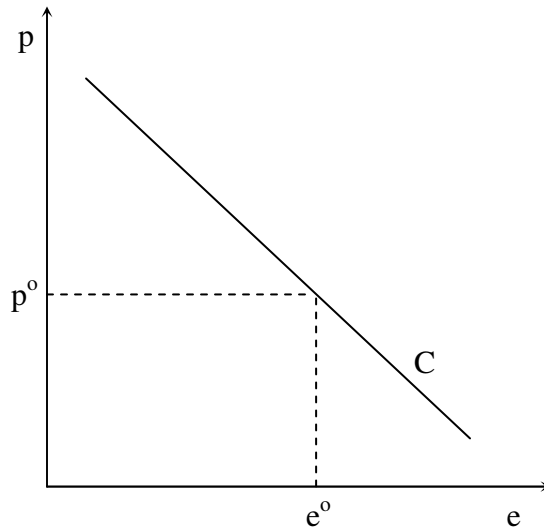


Figure 1

La courbe de coûts de dommages marginaux (D) (de pente positive) n'intervient pas dans le calcul des firmes. En revanche, elle mesure ce que la société est prête à payer pour différents niveaux de réduction de la pollution, et intervient donc dans le calcul de l'optimum social. En l'absence d'incertitude, celui-ci est obtenu à l'intersection des deux courbes C et D, c-à-d à l'égalisation du coût marginal de dépollution et du coût marginal de dommage. Le niveau des coûts à l'intersection détermine la quantité de polluant (e^*), ainsi que le montant de la taxe ou le prix des permis à l'optimum (p^*) selon l'instrument utilisé (cfr. Figure 2).

L'incertitude à laquelle fait face l'autorité peut concerner l'une ou l'autre des deux fonctions de coût. Dans le cas où l'autorité ne connaît avec certitude que la fonction de coûts de dépollution, et non la fonction de dommages, l'équilibre est déterminé par l'intersection de la courbe de coût marginaux de dépollution et de la courbe de dommages

⁴ Où C^{-1} est la fonction inverse de C, supposée pour la simplicité partout inversible.

marginaux *anticipée* (D^a) par l'autorité. En cas d'erreur de l'autorité (D^a différent de la courbe de dommages *effective* D), l'équilibre atteint (e^a, p^a) est différent de l'optimum (e^*, p^*), mais ne dépend pas de l'instrument utilisé (cfr. Figure 3).

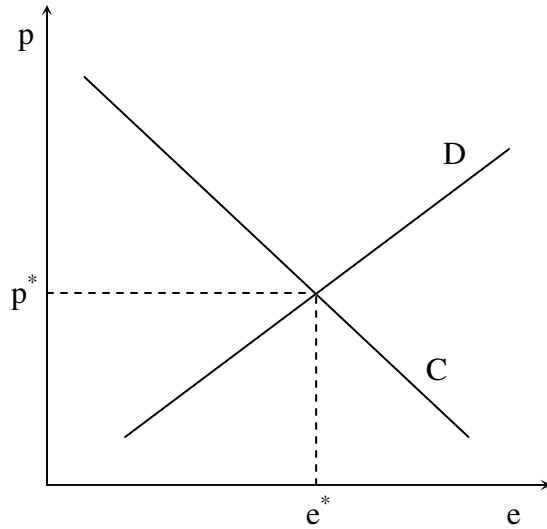


Figure 2

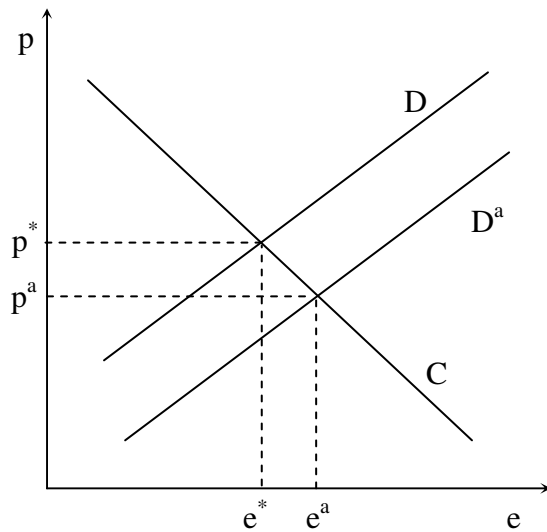


Figure 3

Il n'en va plus de même si l'incertitude porte sur les coûts marginaux de réduction, et non plus sur la fonction de dommages. L'intersection entre la courbe de coûts de dépollution

anticipée par l'autorité (C^a) et la courbe de dommages (D) ne correspondra pas, en cas d'erreur de l'autorité (C^a différent de la courbe de coûts de réduction *effective* C), à l'équilibre observé, car les firmes vont réagir en fonction de la courbe C ⁵. Et l'équilibre observé sera différent selon l'instrument utilisé. Si sur base de l'équilibre *anticipé* (e^a, p^a), l'autorité fixe la taxe à p^a , l'équilibre observé est décrit par le couple ($C^{-1}(p^a), p^a$), tandis que dans le cadre d'un marché de permis, si elle fixe le quota d'émissions à e^a , l'équilibre observé correspond au couple ($e^a, C(e^a)$) (cfr. Figure 4).

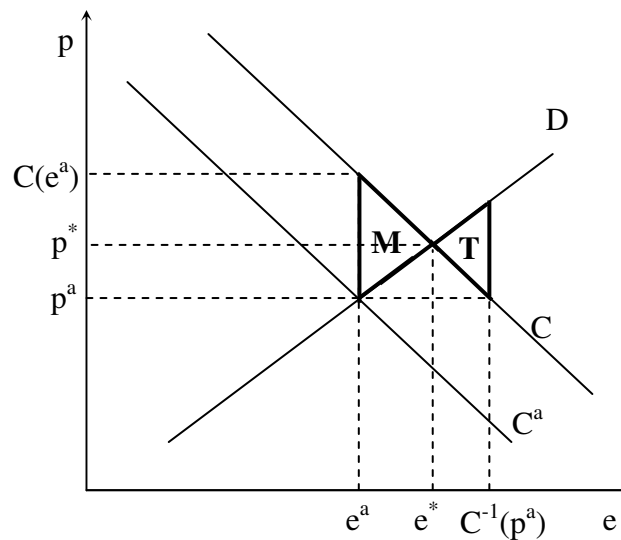


Figure 4

Quelque soit l'instrument utilisé, l'équilibre atteint est sous-optimal. Par rapport à l'optimum (e^*, p^*), la taxe est, dans le cas de figure illustré par la Figure 4, trop faible et conduit à un niveau des émissions trop élevé. Avec un marché de permis au contraire, le prix des permis est trop élevé et le niveau d'émissions trop faible. Les aires des triangles T et M représentent les pertes de bien-être social obtenues respectivement avec la taxe et le marché de permis. L'ampleur de ces pertes dépend des pentes des courbes de coûts. D'après la Figure 4, il est aisé de voir que, *ceteris paribus* :

⁵ Les firmes sont le plus souvent supposées connaître leur courbe de coût de réduction, au contraire de l'autorité. L'incertitude présente dans le modèle résulte donc de l'asymétrie existant entre l'information dont dispose l'autorité, et celle dont disposent les firmes à propos de la courbe C .

- à pentes de C et C^a données⁶, T (respectivement M) est d'autant plus réduite que la pente de D est faible (élevée).
- à pente de D donnée, T (respectivement M) est d'autant plus réduite que la pente C et C^a est forte (faible).

L'influence de la pente de D s'explique par le fait que, plus D est plate, plus l'erreur d'anticipation se traduit en termes de quantité de polluant, et moins elle se traduit en termes de prix. Dans ce cas, la taxe est préférable. En revanche, quand les dommages marginaux croissent très vite (à l'approche d'un seuil critique qu'il serait très coûteux de dépasser, suite à des effets irréversibles ou catastrophiques par exemple), le marché de permis est préférable car il vise un objectif en quantité, qui garantit que le seuil ne sera pas dépassé.

Dans le cas où C et D sont linéaires, il est possible de déterminer rigoureusement quand l'un ou l'autre des deux instruments est préférable en fonction des pentes de ces courbes. Le résultat principal peut s'énoncer comme suit (Beaumol et Oates, 1998, p.68) :

Proposition : Si C et D sont linéaires, D connue avec certitude, C affectée par une erreur aléatoire additive d'espérance nulle, alors la taxe se révèle préférable en termes de bien-être social si la pente de D est plus faible en valeur absolue que celle de C , et vice versa. Ce résultat ne dépend pas des propriétés de l'erreur aléatoire.

Dans le cas où l'incertitude affecte les deux fonctions C et D , Stavins (1996) montre que si ces deux fonctions sont corrélées, alors l'incertitude sur les dommages compte. L'équilibre anticipé (e^a, p^a) se situe à l'intersection des courbes de coûts de dépollution et de dommages *anticipées* C^a et D^a . Les équilibres observés obtenus avec chacun des deux instruments ($C^{-1}(p^a), p^a$) et ($e^a, C(e^a)$) se déterminent comme précédemment, car les firmes ne réagissent qu'en fonction de la courbe C , et non en fonction de la courbe de dommages effectifs D . En revanche, les aires T et M représentant les pertes de bien-être social obtenues respectivement avec la taxe et le marché de permis dépendent de D et non de D^a , et seront donc affectées par l'erreur d'anticipation sur les dommages. Le fait que

⁶ Supposées ici par simplicité identiques.

les erreurs d'anticipations concernant les coûts de dépollution et de dommages soient corrélées *positivement* joue en faveur des permis. Au contraire, si les erreurs d'anticipations concernant les coûts de dépollution et de dommages sont corrélées *négativement*, alors c'est l'instrument prix qui est favorisé. Cette situation est illustrée par la Figure 5. C et D sont respectivement à la droite de C^a et D^a . On observe que T décroît, tandis que M croît par rapport à la situation où les dommages sont connus avec certitude. Stavins établit aussi que si l'ampleur de la corrélation est suffisamment élevée, alors les recommandations en termes de pentes des courbes C et D telles qu'établie par la proposition précédente peuvent être inversées.

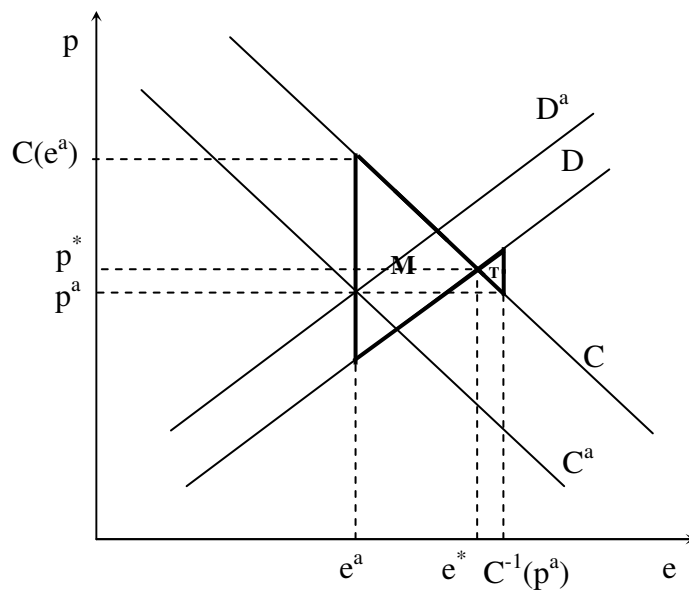


Figure 5

Dans le cas de l'effet de serre, l'intérêt pratique des résultats de Stavins est cependant relatif, dans la mesure où selon l'auteur lui-même, il semble raisonnable de supposer que les coûts de dépollution et de dommages sont statistiquement indépendants⁷.

⁷ Les exemples de corrélation de coûts fournis par Stavins concernent notamment l'ozone ou la pollution atmosphérique dans les grandes villes. Kaplow et Shavell (1997) jugent cependant ces exemples peu convaincants car atypiques.

2. Extension des résultats précédents

2.1 Mécanismes hybrides

Un premier mécanisme consiste à combiner les deux instruments au sein d'une même politique. Toujours dans un cadre statique, Roberts et Spence (1976) conçoivent un système mixte, où une firme désirant émettre au delà de sa dotation initiale, peut soit acheter sur le marché de permis, soit payer une taxe p à l'autorité. En revanche, une firme désireuse de vendre, peut soit les offrir sur le marché, soit les remettre à l'autorité en échange d'un subside q par permis inutilisé, où $q \leq p$. Par arbitrage, il est clair que le prix des permis observé sur le marché doit être nécessairement compris entre q et p . Ce système garde la flexibilité du marché « pur », tout en empêchant a posteriori des écarts de prix trop importants par rapport au niveau attendu par l'autorité. Dans ce système, l'autorité dispose de trois paramètres de contrôle : q , p et le quota d'émissions e . Comme la taxe « pure » et le marché « pur » constituent des cas particuliers du système mixte⁸, celui-ci leur est nécessairement supérieur, puisque l'autorité y dispose de trois degrés de liberté au lieu d'un seul.

Un deuxième mécanisme hybride consiste en une taxe progressive, dépendant du niveau de la pollution. Kaplow et Shavell (1997) établissent la supériorité d'un tel système (par rapport à une taxe linéaire ou un quota) quand l'autorité connaît la fonction de dommages, ou dans la négative, quand elle peut ajuster la taxe dans le cadre d'un processus d'apprentissage. Un marché de permis avec ajustement de la quantité de permis en fonction de cet apprentissage se révèle alors équivalent sur le plan de l'efficacité.

⁸ La taxe correspond au cas particulier où $q=p$ (ce qui impose e via C^a), tandis que le marché de permis correspond au cas particulier où $q=0$ et p est infini.

2.2 Modèles dynamiques

Les résultats présentés jusqu'ici sont obtenus dans un cadre statique. Nombre de contributions se sont attelées à comparer taxes et permis dans un contexte dynamique. En dynamique, plusieurs facteurs (outre ceux qui jouent déjà dans un cadre statique) peuvent être introduits afin d'enrichir l'analyse, entre autres :

- l'accumulation du polluant (comme dans le cas des gaz à effet de serre), par opposition à une pollution flux ;
- la corrélation des chocs aléatoires à la base de l'incertitude⁹ ;
- la possibilité pour l'autorité de réagir au cours du temps en fonction de l'observation des chocs (*contexte en boucle fermée – feedback setting*) ou non (*contexte en boucle ouverte - open-loop setting*) ;
- l'existence de comportements stratégiques de la part des pollueurs ;
- le taux d'actualisation ou le taux de dépréciation du stock de polluant ;
- l'existence de tendances au sein du modèle (croissance économique, progrès technique,...).

Au moyen d'un modèle en boucle ouverte avec stock de polluant, où les termes aléatoires des fonctions de coûts de dépollution, sont positivement corrélés, Newell et Pizer (2003) obtiennent des résultats dans la lignée de la section précédente : la taxe se révèle plus efficace que le marché de permis quand la fonction de dommages est relativement plate, et inversement. Cependant, le choix de l'instrument ne dépend plus seulement de la comparaison des pentes des courbes de coûts de dépollution et de dommages, mais aussi d'autres paramètres, comme les taux d'actualisation, de croissance et de dépréciation du stock de polluant, ainsi que le coefficient de corrélation des chocs aléatoires. Appliqué au changement climatique, le modèle révèle qu'une taxe sur le carbone pourrait être sensiblement supérieure en termes de bien-être à un mécanisme de permis négociables. Les conclusions des auteurs sont ainsi en porte-à-faux avec le Protocole de Kyoto, ou encore avec le marché de permis récemment mis en place par la Commission européenne.

⁹ Cette corrélation peut par exemple être induite par la persistance de chocs aux niveaux technologique ou macroéconomique.

Hoel et Karp (2002) envisagent à la fois le contexte décisionnel en boucle ouverte et celui en boucle fermée, mais en revanche supposent l'indépendance des chocs aléatoires. Leurs conclusions sont similaires à celles des deux auteurs précédents. Ils présentent cependant l'originalité d'analyser l'influence de la longueur de la période entre deux décisions successives des agents¹⁰. La taxe domine les permis si cette longueur est suffisamment petite. Par ailleurs, le modèle en boucle fermée encourage encore davantage l'utilisation de la taxe par rapport aux permis. Hoel et Karp (2002) applique numériquement leur modèle à l'effet de serre et arrivent aux mêmes conclusions que Newell et Pizer (2003).

Alors que dans les deux contributions précédentes, le choc aléatoire sur les fonctions de coûts de dépollution est *additif*, Hoel et Karp (2001) postulent des chocs *multiplicatifs*. Cette fois, c'est la pente et non plus le niveau de la fonction de coût de dépollution qui est affectée aléatoirement. Si leur modèle se révèle moins transparent que les précédents, leurs conclusions demeurent similaires dans le cadre d'une analyse numérique relative à l'effet de serre. L'écart entre les deux instruments apparaît cependant sensiblement plus élevé avec des chocs multiplicatifs.

Dans les contributions précédentes, la fonction de dommages est connue avec certitude. Karp et Zhang (2003) lève cette hypothèse et postulent un processus d'apprentissage par lequel l'autorité acquiert de l'information sur la courbe de dommages. Le fait que l'autorité anticipe d'apprendre à propos de cette courbe et qu'elle sait qu'elle pourra réagir dans le futur en fonction de cet apprentissage induit, à information donnée, moins d'efforts de réduction. En d'autres termes, cette capacité de réaction accroît l'incitation à « attendre » (à moins dépolluer aujourd'hui). Une telle attitude revient à anticiper une fonction de dommages subjective (sans apprentissage) plus favorable, c-à-d plus plate. La taxe se révèle par conséquent à nouveau plus favorable que les permis.

Zhao (2003) se distingue des contributions ci-dessus dans la mesure où les firmes ont la possibilité d'investir dans des mesures de réduction de leurs émissions, ce qui modifie

¹⁰ Dans les modèles discrets, cette longueur est le plus souvent normalisée à 1.

leurs fonctions de coût de dépollution. Dans un contexte d'incertitude et d'irréversibilité des investissements, l'auteur analyse l'influence des deux instruments (taxe et permis) sur le comportement d'investissement des firmes. Sous l'hypothèse que les chocs aléatoires affectent les fonctions de coûts linéairement, il apparaît que l'incitation à investir dans des équipements de dépollution décroît plus en fonction de l'ampleur de l'incertitude avec une taxe qu'avec un marché de permis. Ce résultat n'est pas nécessairement contradictoire avec les précédentes contributions dans la mesure où l'auteur compare les instruments au niveau de l'incitation à l'investissement, et non en termes de bien-être.

2.3 Modèles avec innovation technologique

En outre d'inciter (à technologie donnée) à réduire les émissions, les taxes et permis négociables sont également des stimulants à l'innovation technologique dans le domaine de la lutte contre la pollution. Si ce point est pris en compte, ces deux instruments ne sont alors plus équivalents, *même en l'absence d'incertitude*. *Ceteris paribus*, l'innovation induit une baisse des coûts de dépollution. Avec une taxe, cette baisse se traduit par une réduction supplémentaire des émissions (par rapport à la situation sans innovation), tandis qu'avec un marché de permis, elle se traduit par une baisse de leur prix. Dans ce dernier contexte, l'impact sur l'industrie concernée dans son ensemble est différent selon que les permis sont distribués gratuitement ou vendus aux enchères¹¹.

Parmi la littérature consacrée à ce sujet, nous évoquons ci-dessous deux contributions qui présentent l'intérêt de comparer taxes et permis non seulement en termes d'incitant à l'innovation, mais aussi en termes de bien-être. Denicolò (1999) observe que la taxe se révèle supérieure quand les dommages marginaux induits par la pollution sont relativement faibles, et que les permis peuvent être préférables (mais ne le sont pas nécessairement) quand les dommages marginaux sont très élevés. Par rapport à la contribution précédente, Fischer et al. (2003) enrichissent l'analyse en introduisant un

¹¹ Si les permis sont distribués gratuitement, en cas de baisse de prix, le bénéfice des firmes acheteuses est compensé par la perte des firmes vendeuses. Si les permis sont vendus aux enchères, toutes les firmes bénéficient de la baisse de prix.

effet d'imitation de l'innovation de la part des firmes non-innovatrices, et en distinguant trois instruments : taxes, permis vendus aux enchères et permis distribués gratuitement. Le classement en termes de performance de ces instruments dépend des circonstances, et plus précisément de la capacité d'imitation de l'innovation, du coût de l'innovation, du niveau et de la pente de la fonction de dommages, et du nombre de firmes polluantes. En particulier, les auteurs observent que la taxe est l'instrument le plus efficace quand la fonction de dommages est relativement plate, tandis que les permis (gratuits ou aux enchères) se révèlent préférables quand cette fonction est plutôt raide.

2.4 Modèles avec entrée/sortie de firmes

Taxes et permis sont susceptibles de modifier les profits des entreprises. Certaines, devenues non rentables, vont cesser leurs activités, ce qui va se traduire par une baisse supplémentaire des émissions. En revanche, des exemptions de taxes ou une allocation gratuite des permis peuvent accroître la profitabilité de l'industrie concernée, avec en corollaire, une hausse des émissions suite à l'entrée de nouvelles firmes. L'effet *global* de l'instrument sur les émissions peut alors se révéler paradoxal, si la diminution des émissions des firmes en activité est plus que compensée par celles des nouveaux entrants (Baumol et Oates, 1988, ch. 14).

Même en l'absence d'incertitude, les propriétés d'efficacité des deux instruments à *long terme* (c-à-d après prise en compte des entrées/sorties des entreprises) sont donc susceptibles d'être très différentes, sauf si la dotation de permis reçue gratuitement par chaque firme est sans influence sur sa décision de continuer ou de cesser ses activités. Dans ce cas, la dotation s'apparenterait à une rente, dans la mesure où un pollueur continuerait à la recevoir même après s'être retiré. On peut s'interroger sur la faisabilité pratique de cette idée, mais Pezzey (1992, 2003) l'utilise pour rétablir l'équivalence des instruments en prix et en quantité, y compris à long terme.

Quelques remarques supplémentaires

Pour terminer, nous reprenons différentes remarques de Stavins (2003) que l'autorité ne devrait pas perdre de vue dans son choix du meilleur instrument de politique environnementale, en particulier dans un contexte *en évolution*. Dans un contexte de croissance économique, une taxe constante conduit à des émissions en augmentation, alors qu'un quota de permis constant conduit à une hausse du prix des permis. En présence d'inflation, une taxe constante décroît en termes réels, et donc les émissions augmentent, ce qui ne se produit pas avec un quota fixe de permis. Dans un contexte de progrès technique au niveau des moyens de dépollution, une taxe conduit à une baisse des émissions, alors qu'un quota de permis constant se traduit par une baisse du prix des permis.

Stavins relève par ailleurs qu'un marché de permis *distribués gratuitement* présente l'avantage potentiel d'inciter les pollueurs à se dévoiler de façon à recevoir leur part de permis. L'auteur relève aussi que malgré leurs avantages théoriques, virtuellement aucun mécanisme hybride n'a effectivement été installé en pratique.

Dans le même ordre d'idée, il souligne également qu'un élément essentiel dans le choix d'un instrument est celui de sa faisabilité pratique. En effet : « Policy instruments that appear impeccable from the vantage point of research institutions, but consistently prove unfeasible in real-world political institutions, can hardly be considered « optimal » » (Stavins, 2003, p. 421).

Bibliographie

Baumol William et Wallace Oates. 1988. *The theory of environmental policy*. Cambridge University Press, 2ème édition.

Denicolò Vincenzo. 1999. Pollution-reducing innovations under taxes or permits. *Oxford Economic Papers* 51: 184-199.

Fischer Carolyn, Ian Parry et William Pizer. 2003. Instrument choice for environmental protection when technological innovation is endogenous. *Journal of Environmental Economics and Management* 45: 523-545.

Hoel Michael et Larry Karp. 2001. Taxes versus quotas for a stock pollutant with multiplicative uncertainty. *Journal of Public Economics* 82: 91-114.

Hoel Michael et Larry Karp. 2001. Taxes versus quotas for a stock pollutant. *Resource and Energy Economics* 24: 367-384.

Kaplow Louis et Steven Shavell. 1997. On the superiority of corrective taxes to quantity regulation. NBER working paper n° 6251.

Karp Larry et Jinhua Zhao. 2003. Regulation with anticipated learning about environmental damages. Miméo, University of California, Berkeley, USA. <http://are.berkeley.edu/karp> .

Newell Richard et William Pizer. 2003. Regulating stock externalities under uncertainty. *Journal of Environmental Economics and Management* 45: 416-432.

Pezzey John. 1992. The symmetry between controlling pollution by price and controlling it by quantity. *Canadian Journal of Economics* 25(4): 983-991.

Pezzey John. 2003. Emissions taxes and tradeable permits. *Environmental and Resource Economics* 26: 329-342.

Roberts Marc et Michael Spence. 1976. Effluent charges and licenses under uncertainty. *Journal of Public Economics*. V: 193-208.

Stavins Robert. 1996. Correlated uncertainty and policy instrument choice. *Journal of Environmental Economics and Management* 30: 218-232.

Stavins Robert. 2003. Experience with market-based environmental policy instruments. In K.-G. Mäler et J. Vincent, *Handbook of environmental economics. Volume 1: Environmental degradation and institutional responses*. Elsevier.

Weitzman, Martin. 1974. Prices vs. quantities. *Review of Economic Studies* 41: 477-491.

Zhao Jinhua. 2003. Irreversible abatement investment under cost uncertainties : tradable emission permits and emissions charges. *Journal of Public Economics* 87: 2765-2789.