

**COMBINAISON DES INSTRUMENTS PRIX ET QUANTITES  
DANS LE CAS DE L'EFFET DE SERRE**

**Version du 4 mai 2001**

**Boris COURNEDE<sup>1</sup> et Sylviane GASTALDO<sup>2</sup>**

Ce document n'engage que ses auteurs, et en aucun cas leur institution d'appartenance.

Il sera publié dans la revue Economie et Prévision.

Les auteurs tiennent à remercier 2 relecteurs anonymes, Denny ELLERMAN, Mathieu GLACHANT, Olivier GODARD, Armand LEPAS, Cédric PHILIBERT, Nicolas RIEDINGER et Gilbert VENET pour leurs commentaires sur une précédente version.

---

<sup>1</sup> Direction de la Prévision, Bureau Agriculture et Environnement, Teledoc 647, 139 Rue de Bercy, 75 572 PARIS Cedex 12

Tél : (33) -1 53 18 55 67, fax (33) -1 53 18 36 27

mél : boris.cournede@dp.finances.gouv.fr

<sup>2</sup> MATE, Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale, 20 avenue de Ségur, 75 302 PARIS 07 SP

Tél : (33) -1 42 19 25 16, fax (33) -1 42 19 20 65

mél : sylviane.gastaldo@environnement.gouv.fr

|

## SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION : LE CONTEXTE DE LA LUTTE CONTRE L'EFFET DE SERRE REMET A L'HONNEUR LA QUESTION DE LA COMBINAISON DES INSTRUMENTS ECONOMIQUES. ....</u>	<u>4</u>
<u>I. UNE COMBINAISON DES INSTRUMENTS PRIX ET QUANTITES EST ENVISAGEABLE, ET A ETE DECRITE PAR ROBERTS ET SPENCE DES 1976. ....</u>	<u>6</u>
A. L'association des deux instruments au sein d'une même zone permet d'encadrer le prix sur le nouveau marché. ....	6
B. Une illustration analytique. ....	10
C. D'autres illustrations. ....	11
<u>II. LA COEXISTENCE DE DEUX TYPES DE POLLUEURS JUSTIFIE LA JUXTAPOSITION DES DEUX INSTRUMENTS PRIX ET QUANTITES AU SEIN D'UNE MEME ZONE. ....</u>	<u>12</u>
<u>III. UNE FISCALITE REPOSANT SUR L'USAGE OU LA DETENTION DE PERMIS EST PARFOIS ENVISAGEE. ....</u>	<u>13</u>
<u>CONCLUSION : LA COMBINAISON DES INSTRUMENTS ECONOMIQUES POURRAIT VOIR DES APPLICATIONS DANS LA LUTTE CONTRE L'EFFET DE SERRE. ....</u>	<u>13</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE. ....</u>	<u>14</u>

## **Introduction : le contexte de la lutte contre l'effet de serre remet à l'honneur la question de la combinaison des instruments économiques.**

Les engagements quantitatifs adoptés lors du protocole de Kyoto en matière d'émission de gaz à effet de serre ont été assortis de possibilités d'échange des quotas entre gouvernements<sup>3</sup>. Ce marché des quotas d'émission des gaz à effet de serre pourrait s'ouvrir à d'autres entités. Un Etat, qu'il respecte son engagement initial, ou qu'il l'amende grâce au commerce de permis d'émissions négociables (PEN), doit faire respecter ses engagements par ses résidents. Il peut alors utiliser la panoplie habituelle : réglementations diverses, accords volontaires, ou instruments économiques tels que la fiscalité ou même l'organisation d'un marché de PEN.

Les conférences des Parties à la convention cadre sur les changements climatiques, et particulièrement la sixième qui doit reprendre en juillet 2001, préciseront les conditions de fonctionnement des échanges de permis. La présente analyse se place résolument dans l'hypothèse où les échanges des PEN sont organisés dans des conditions telles que l'on a un marché<sup>4</sup> international organisé et efficace<sup>5</sup>. La compatibilité entre systèmes fiscaux (instrument en prix) et PEN (instrument en quantité) se pose alors au niveau national comme au niveau international.

Cet article explicite la construction d'un instrument économique qui combine fiscalité et PEN au sein d'une même entité géographique, un pays ou un groupe de pays par exemple. Ce type d'outil garde les propriétés d'un instrument économique, à savoir que ce sont les mesures de lutte contre la pollution les plus rentables qui sont entreprises en priorité. De plus, il évite le risque d'envolée des prix sur le marché des PEN, mais au prix d'un éventuel dépassement du seuil de pollution que l'on voulait respecter.

---

<sup>3</sup> Se reporter à l'encadré pour une présentation plus précise des possibilités d'échange prévues par le protocole de Kyoto.

<sup>4</sup> L'article reste volontairement ambigu sur l'extension du marché aux « autres » gaz du protocole de Kyoto. En effet, que le marché porte uniquement sur le gaz carbonique ou soit étendu aux six gaz du protocole ne change pas fondamentalement l'analyse théorique, grâce aux facteurs d'équivalence que sont les pouvoirs de réchauffement globaux (PRG) qui permettent d'exprimer les quantités des autres gaz en tonnes équivalent carbone.

<sup>5</sup> Pour une mise en perspective des conditions de bon fonctionnement d'un tel marché, le lecteur pourra consulter la contribution d'Olivier GODARD et Claude HENRY au rapport du Conseil d'Analyse Economique : *Fiscalité de l'environnement*.

## Encadré : le contexte des négociations internationales.

A la Conférence de Rio de Janeiro (juin 1992), les Etats ont refusé de s'accorder sur l'usage d'un instrument économique, à savoir la fiscalité, et la négociation s'est transformé en discussion quantitative sur les émissions de chaque pays. Autrement dit, d'un régime où le droit à rejeter des gaz à effet de serre et donc à modifier le climat était gratuit et illimité, on est passé à une situation où le droit de chaque pays à émettre ces gaz est borné. Mais cette répartition des droits n'est pas efficace (au sens économique du terme, à savoir minimiser le coût total de la lutte contre la pollution), aussi l'introduction de possibilités d'échanges de ces droits apparaît comme le seul moyen de rendre le système plus efficace économiquement, au sens où les transactions de permis vont privilégier les actions et mesures les moins coûteuses de lutte contre les émissions.

Le recours à un marché de droits déconnecte les allocations initiales -à déterminer selon des critères d'équité- et finales -déterminées par l'efficacité économique- L'allocation initiale conditionne cependant les impacts redistributifs et doit être établie sur des bases objectives. L'allocation initiale décidée par le protocole de Kyoto (1997) est un objectif quantitatif établi en référence aux émissions de 1990, et présente un caractère arbitraire. On peut imaginer que soit développé ultérieurement un moyen de distribuer les quotas initiaux en fonction d'une règle générale (fonction des émissions, du PNB, du nombre d'habitants, par exemple). La répartition finale des permis s'appuie, elle, sur les coûts marginaux de réduction des émissions (idéalement, elle les égalise), variable qui n'est ni directement ni simplement observable.

Le protocole de Kyoto a abouti tout d'abord à une répartition des quantités d'émissions autorisées sur la période 2008-2012, et cet objectif est défini pour chaque pays en référence à ses émissions en 1990. Six gaz sont concernés, et les objectifs sont spécifiés en équivalents d'émission de CO<sub>2</sub>. Cet accord quantitatif de répartition initiale peut s'interpréter comme une distribution gratuite aux gouvernements de PEN. Le protocole de Kyoto prévoit par ailleurs des mesures d'échange de ces permis, et les conférences des Parties ultérieures en préciseront les modalités pratiques. Par exemple, les pénalités et sanctions sont un point absolument essentiel pour garantir un bon fonctionnement du marché, car s'il n'est pas coûteux de se trouver en infraction, aucun pays n'aura financièrement intérêt à respecter ses engagements.

Ci-après les articles du protocole évoquant les échanges de droits :

- Articles 3.1 et 4. Les pays peuvent, au moment de la ratification du protocole de Kyoto, définir une bulle, au sens où un groupe de pays s'engagent solidairement à respecter l'engagement quantitatif global, et se réservent donc le droit de répartir leurs engagements nationaux de façon différente. Au Conseil environnement de juin 1998, l'Union européenne a ainsi adopté une répartition intracommunautaire de l'effort qui n'est pas égalitaire en termes de pourcentages de réduction par référence à 1990. Chaque État membre se trouve ainsi doté d'une cible particulière, qui a été choisie en fonction des possibilités nationales de réduction et d'un compromis politique.
- Article 3.13. Possibilité, pour les Parties de l'annexe 1<sup>6</sup>, de mise en réserve des quotas d'émission non utilisés sur la période 2008-2012. Autrement dit, l'épargne est autorisée, mais pas l'emprunt ; les transferts temporels ne se font que dans un seul sens.
- Article 6. Des crédits d'émission peuvent être attachés à des projets, sous certaines conditions. Les pays de l'annexe 1 peuvent échanger ces crédits, mais peuvent aussi, sous leur responsabilité, autoriser des personnes morales (*legal entities*) à participer aux actions relatives à l'obtention et au transfert des réductions d'émission obtenues par ces projets. Ce mécanisme est baptisé mise en œuvre conjointe.
- Article 12. Le mécanisme de développement propre autorise, sous certaines conditions, les parties de l'annexe 1 à réaliser des réductions « additionnelles » d'émissions dans les pays hors annexe 1 (en gros, les pays en développement), plutôt que sur leur territoire national. Ces crédits pourront être acquis sur la période 2000-2007, et utilisés sur la période 2008-2012.
- Article 17. Le commerce des quotas d'émission entre Parties de l'annexe B est autorisé.

<sup>6</sup> Les pays développés, autrement dit les pays qui ont souscrit des engagements quantitatifs, ont le statut de Partie de l'annexe 1 au Protocole.

## I. Une combinaison des instruments prix et quantités est envisageable, et a été décrite par ROBERTS et SPENCE dès 1976.

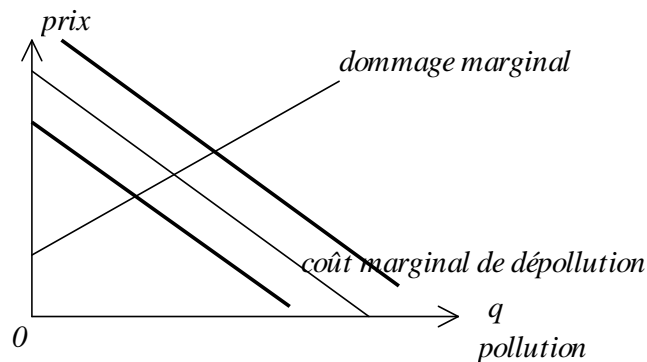
### A. L'association des deux instruments au sein d'une même zone permet d'encadrer le prix sur le nouveau marché.

#### 1. Les permis s'accompagnent d'une taxe et de subventions

Selon une idée de ROBERTS et SPENCE (1976), qui est rapidement exposée dans BAUMOL et OATES (1988), et reprise et adaptée au contexte de l'effet de serre dans PIZER (1997) et GASTALDO (1998, 1999), il est possible de combiner les deux instruments. Cette combinaison se traduit par l'adjonction de prix plancher et plafond au système de permis. Cette association est utile dans le cas où l'autorité publique connaît mal les coûts de dépollution.

En effet, si la puissance publique met en place un marché de permis en limitant la quantité totale de pollution à  $q$ , un prix  $p(q)$  s'établit sur le marché. Le régulateur autorise par ailleurs un pollueur à émettre au-delà des permis qu'il détient, mais ce déversement est taxé au taux  $t$ . Ou, de façon équivalente -du moins sur le plan formel-, le régulateur n'autorise pas à polluer plus que le nombre de permis détenus, et tout manquement est sanctionné au prix  $t$  par unité de pollution non autorisée. Inversement, le régulateur reprend au taux  $s$  tout permis non utilisé. Cela permet de maintenir une incitation à toute mesure de dépollution dont le coût à la marge est inférieur à  $s$ . L'instrument utilisé est donc caractérisé par la donnée de  $(q, s, t)$ .

#### 2. La connaissance des coûts de dépollution est asymétrique

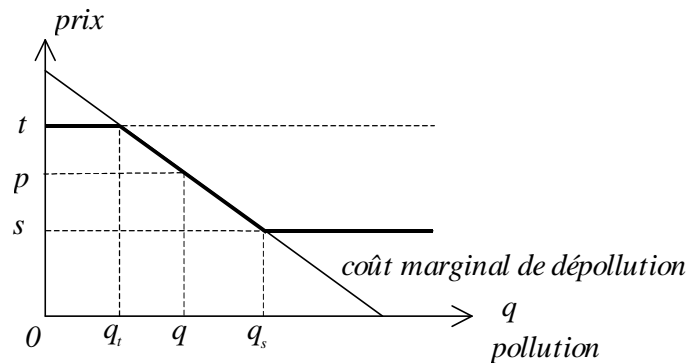


Chargée de prendre en compte les dommages à l'environnement, la puissance publique est supposée connaître la courbe de dommage marginal. Ou, plus exactement, le régulateur dispose d'une courbe de dommage marginal.

En revanche, les coûts marginaux de dépollution sont intrinsèquement liés à l'organisation productive. Pour cette raison, l'industrie connaît la courbe des coûts marginaux de dépollution tandis que les pouvoirs publics ne disposent que d'une estimation sous la

forme d'une loi de probabilité de support borné<sup>7</sup>. Le modèle suppose que l'aléa considéré porte sur l'industrie prise dans son ensemble<sup>8</sup>.

### 3. Le producteur ajuste son effort de dépollution entre les niveaux $s$ et $t$



A l'aide d'un graphique, il est possible de décrire les réactions d'un pollueur face à l'instrument combiné  $(q, s, t)$  que le régulateur aura imposé. Le pollueur connaît la position exacte de sa courbe de coût marginal de dépollution et agit en conséquence.

- Si le coût marginal de dépollution en  $q$  est plus élevé que  $t$ , le régulateur a fixé une quantité  $q$  trop réduite, mais le prix sur le marché de droits ne dépassera pas  $t$ , puisque le pollueur va préférer payer la taxe au taux  $t$ . La pollution finale est en  $q_t$ , qui est plus proche du vrai optimum que  $q$ . Le niveau de pollution ne peut en aucune situation être inférieur à  $q_t$ .
- Si le coût marginal de dépollution en  $q$  est plus faible que  $s$ , le régulateur a fixé une quantité  $q$  trop laxiste, mais le prix sur le marché de droits ne descendra pas en dessous de  $s$ , puisque le pollueur préférera recevoir  $s$  pour chaque permis inutilisé. La pollution finale est en  $q_s$ , qui est plus proche du vrai optimum que  $q$ . Grâce au plancher de prix  $s$ , le niveau de pollution ne peut en aucun cas excéder  $q_s$ .
- Si le coût marginal de dépollution en  $q$  est strictement compris entre  $s$  et  $t$ , c'est-à-dire si  $q$  se trouve dans l'intervalle  $]q_t, q_s[$ , alors le pollueur déversera à hauteur de  $q$ .

### 4. L'adjonction au prix d'un plafond et d'un plancher limite les conséquences d'une mauvaise détermination de la quantité à allouer et préserve l'efficacité productive du marché de droits.

Les conséquences du choix de l'instrument s'observent *ex post*. Une fois que le prix s'est fixé, l'incertitude est résolue<sup>9</sup>. Si la quantité  $q$  proposée au départ est trop faible, le prix du marché de droits plafonne à  $t$ . Inversement, si cette quantité est trop forte, le prix du marché de droits ne peut être inférieur à  $s$ . Si, enfin, la quantité  $q$  proposée est raisonnable, l'industrie polluante fait face à un marché de droits habituel. En fait, chaque fois que le

<sup>7</sup> Afin de permettre une représentation graphique, le diagramme ci-dessus se rapporte à la situation particulière d'incertitude, qui sera étudiée à la section B. Il en sera de même pour les autres diagrammes de la section A. Les considérations développées dans cette section A sont toutefois valables quelle que soit la famille des courbes de coût marginal possibles, pourvu que son support soit borné, même si elle diffère de la représentation fournie par les diagrammes.

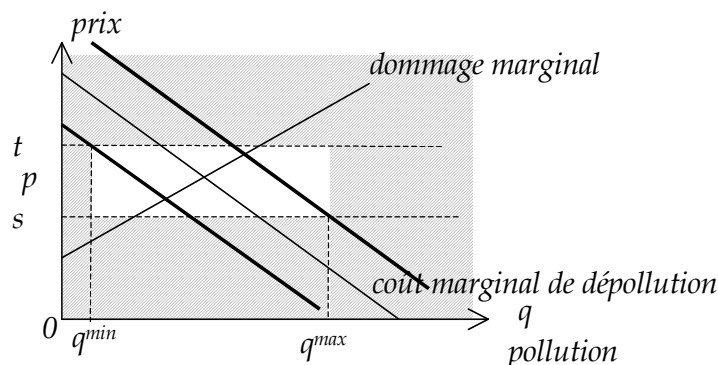
<sup>8</sup> Cela signifie que le même aléa porte sur chacune des firmes. Un modèle plus fin pourrait s'intéresser au cas où l'aléa considéré serait propre à chaque entreprise.

<sup>9</sup> La valeur de  $u$  peut alors s'observer en reportant le prix sur la courbe de dommage marginal qui est supposée connue avec certitude.

marché de droits aurait donné des performances médiocres, et que le prix d'échange se serait envolé ou effondré, l'instrument combiné permet de basculer dans un régime de taxation ou de subvention. Le prix sur le marché de droits ne peut sortir de la fourchette  $[s, t]$ , et la quantité de pollution ne sort pas de l'intervalle  $[q_t, q_s]$ .

Comme tous les pollueurs ont la même incitation marginale à lutter contre la pollution, ils entreprennent spontanément toutes les mesures de dépollution dont le coût à la marge est inférieur à ce prix, et on retrouve l'efficacité de la répartition de l'effort de dépollution.

5. Grâce à cet instrument, le régulateur sait *a priori* que l'effort de dépollution sera encadré et que le niveau de pollution demeurera à l'intérieur d'un intervalle



Pour un instrument  $(q, s, t)$  donné<sup>10</sup>, le prix d'équilibre vérifie dans tous les cas  $s \leq p(q) \leq t$ . En effet, si  $p > t$ , personne n'achète de permis puisqu'il revient moins cher de payer la taxe  $t$ , et donc le prix des permis baisse. De même, si  $p < s$ , tout le monde souhaite acheter des permis pour les revendre au régulateur ; donc il n'y a plus d'offre sur le marché de droits, et le prix des permis augmente.

La quantité de pollution déversée est elle aussi bornée a priori. Pour chaque réalisation  $\omega$  de l'événement aléatoire, la quantité effective est comprise entre  $q_t(\omega)$  et  $q_s(\omega)$ . Par conséquent, le régulateur sait a priori que la pollution s'établira à un niveau compris dans l'intervalle  $[q^{min}, q^{max}]$  où  $q^{min} = \inf\{q_t(\omega) ; \omega \in \Omega\}$  et où  $q^{max} = \sup\{q_s(\omega) ; \omega \in \Omega\}$ .

6. L'instrument mixte optimal fait mieux que la taxe pigouvienne ou le marché de droits.

Dans un univers incertain, l'instrument mixte optimal  $(q^*, s^*, t^*)$  procure un bien-être supérieur à celui qu'offrent la taxe pigouvienne (qui correspond au cas  $s=t$ ) ou le simple marché de droits ( $s=0, t=+\infty$ ). Le bien-être social désigne ici l'espérance de surplus qui est attachée à l'instrument mis en place.

Le régulateur dispose en effet de trois paramètres au lieu d'un seul, ce qui lui permet d'obtenir un meilleur résultat à l'issue de son optimisation. En d'autres termes, les politiques pures (taxation ou simple marché de droits) forment un sous-ensemble  $P$  de l'ensemble  $M$  des politiques mixtes. L'optimisation du bien-être social  $W$  dans l'ensemble  $M$  des instruments mixtes produit par conséquent un instrument  $(q^*, s^*, t^*)$  préférable à celui qui est obtenu avec le sous-ensemble  $P$  des politiques pures. Cela découle de l'inégalité

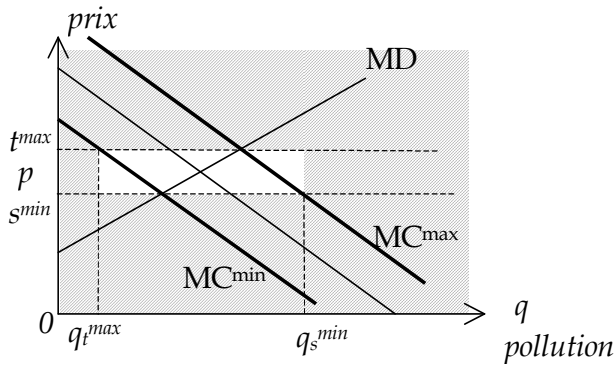
$$W(q^*, s^*, t^*) = \text{Max}_{(q,s,t) \in M} W(q,s,t) \geq \text{Max}_{(q,s,t) \in P} W(q,s,t),$$

qui résulte elle-même de l'inclusion  $P \subset M$ .

<sup>10</sup> À ce stade, cet instrument mixte considéré  $(q,s,t)$  n'est pas nécessairement l'instrument mixte optimal  $(q^*,s^*,t^*)$ .



## 7. Les valeurs optimales des paramètres peuvent être bornées *a priori*.



Les valeurs optimales  $(q^*, s^*, t^*)$  résultent des caractéristiques qui sont inhérentes à l'incertitude et aux fonctions de coût marginal et de dommage marginal, notées respectivement MC et MD. Leur détermination nécessite un calcul fondé sur ces caractéristiques, comme l'illustrera l'exemple analytique développé ci-après.

Les valeurs peuvent toutefois être encadrées *a priori* en notant que le niveau d'effort optimal est nécessairement supérieur à la valeur  $s^{\min}$  définie par l'ordonnée de l'intersection entre la courbe de dommage marginal MD et la courbe des valeurs minimales de coût marginal possible, qui s'écrit en termes ensemblistes :

$$MC^{\min} = \{(q, v) ; v = \inf^{\omega \in \Omega} (MC^{\omega}(q))\}.$$

Symétriquement, le niveau d'effort est nécessairement inférieur à la valeur  $t^{\max}$  définie par l'ordonnée de l'intersection entre la courbe de dommage marginal MD et la courbe des valeurs maximales de coût marginal possible, qui s'écrit :

$$MC^{\max} = \{(q, v) ; v = \sup^{\omega \in \Omega} (MC^{\omega}(q))\}.$$

Il en résulte que  $s^*$  et  $t^*$  sont strictement compris entre  $s^{\min}$  et  $t^{\max}$  :

$$s^{\min} \leq s^* < t^* \leq t^{\max}.$$

À ce stade, il convient de noter qu'en général les inégalités seront strictes, comme l'illustrera l'exemple analytique développé ci-après. En d'autres termes :  $s^{\min} < s^*$  et  $t^* < t^{\max}$ .

De cet encadrement *a priori* des valeurs  $s^*$  et  $t^*$ , se déduit un encadrement *a priori* de  $q^*$ . Il suffit pour cela de lire les valeurs  $q_{t^{\max}}$  et  $q_{s^{\min}}$  sur les courbes  $MC^{\min}$  et  $MC^{\max}$ . Plus précisément,  $q_{t^{\max}}$  et  $q_{s^{\min}}$  sont définis comme solution des équations  $t^{\max} = MC^{\min}(q_{t^{\max}})$  et  $s^{\min} = MC^{\max}(q_{s^{\min}})$ . On a dès lors l'encadrement :

$$q_{t^{\max}} \leq q^* \leq q_{s^{\min}}.$$

Ces inégalités sont en général strictes, comme le fera apparaître le cas analytique examiné ci-après.

### B. Une illustration analytique.

Dans le cas où les courbes de dommage marginal et de coût marginal de dépollution sont des droites dont la pente est connue<sup>11</sup>, on peut mener les calculs de perte de bien-être social précisément et établir les résultats suivants :

On suppose le dommage marginal connu et linéaire, le coût marginal de dépollution linéaire, mais connu avec incertitude, cette incertitude suivant une loi uniforme, et la puissance publique neutre au risque<sup>12</sup>. Il est alors possible de déterminer les valeurs optimales des trois paramètres de l'instrument mixte.

La quantité de droits à polluer est la même que s'il n'y avait pas d'incertitude.

Les tarifs  $s$  et  $t$  sont équidistants du coût marginal de dépollution à l'intersection entre la courbe de dommage marginal et la courbe d'espérance de coût marginal. Ils sont d'autant plus éloignés de cette valeur que la courbe de dommage marginal est pentue relativement à la courbe de coût marginal de dépollution.

#### Démonstration

Le dommage marginal est connu et linéaire, et prend donc la forme  $D'(q)=a+bq$  d'où  $D(q) = aq + \frac{b}{2}q^2$ , à une constante près que l'on négligera.

Le coût marginal de dépollution est linéaire mais incertain, et donc de la forme  $-C_u'(q) = c - eq + u$ , d'où  $C_u(q) = \frac{1}{2e}(c + u - eq)^2 = C_0(q) + \frac{u}{e}(c - eq) + \frac{u^2}{2e}$ . Pour la simplicité (toute relative) des calculs, on suppose que  $u$  est une variable aléatoire qui suit une loi de distribution uniforme sur l'intervalle  $[-1/2, 1/2]$ , et donc  $Eu=0$ .

La puissance publique est supposée neutre au risque, et cherche donc à minimiser l'espérance de perte du bien-être collectif avant la résolution de l'incertitude sur la valeur de  $u$ .

Si le régulateur mettait en place un « simple » marché de droits limité à  $q$ , les pollueurs resteraient à ce niveau de pollution quelle que soit la valeur de  $u$ , et le coût collectif de la pollution serait  $CC_u(q) = D(q) + C_u(q) = D(q) + C_0(q) + \frac{u}{e}(c - eq) + \frac{u^2}{2e}$ . Le régulateur devrait choisir la valeur de  $q$  avant de connaître la valeur de l'aléa  $u$ , et résoudre donc

$$\text{Min}_q \quad E_u CC_u(q) = D(q) + C_0(q) + 0 + E_u \left( \frac{u^2}{2e} \right) \quad \text{d'où} \quad q^* = \frac{c-a}{b+e} \quad \text{et}$$

$E_u CC_u(q^*) = D(q^*) + C_0(q^*) + E_u \left( \frac{u^2}{2e} \right)$ . La puissance publique choisirait une quantité de pollution qui aurait été optimale s'il n'y avait pas d'incertitude sur le coût.

<sup>11</sup> Une incertitude sur les pentes de ces droites mènerait à une formulation analytique plus complexe.

<sup>12</sup> Le fait que la puissance publique est supposée neutre au risque n'empêche pas qu'elle se soucie du risque d'envolée des prix des permis qui auraient des conséquences éventuellement fâcheuses pour les pollueurs, généralement averses à ce type de risques.

Si le régulateur met en place un instrument mixte de la forme  $(q, s, t)$ , il sera, pour des raisons de symétrie, de la forme  $\left(q^*, s^* = \frac{ae + bc}{b + e} - x, t^* = \frac{ae + bc}{b + e} + x\right)$ , où  $x$  reste à déterminer. Le détail de la démonstration est proposé en annexe.

Tous calculs effectués, une seule racine convient et vérifie  $0 < x < 1/2$ . Il s'agit de 
$$x^* = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{2e}{b}}$$
.

Comme dans le cas où l'on s'intéressait au choix entre des instruments purs en prix ou en quantités<sup>13</sup>, c'est le rapport des pentes des courbes des coûts marginaux de dépollution et de dommage marginal qui apparaît comme le paramètre déterminant. Ici, c'est le rapport  $2e/b$  qui s'avère déterminant. De façon peu surprenante, on trouve que plus la courbe de dommage marginal de dépollution est pentue par rapport à la courbe de coût marginal de dépollution, plus  $x^*$  sera grand, autrement dit moins on cherchera à contrôler le prix.

### C. D'autres illustrations.

Une extension de ce résultat à d'autres densités de probabilités continues que la loi uniforme s'avère délicate, car le calcul fait apparaître des moments du deuxième ordre.

Par contre, l'extension à des lois de probabilité discrètes est simple. La donnée de valeurs numériques pour les pentes des coûts marginaux de dépollution et de dommage marginal, avec des probabilités d'occurrence permettrait ainsi d'établir la valeur de  $t$ .

Dans le cas de l'effet de serre, le paramètre  $t$  varie dans des proportions importantes : si on le présente comme le prix de mise à disposition d'un permis supplémentaire, il est de l'ordre de quelques dizaines de dollars dans la proposition américaine de marché national<sup>14</sup>. Alors que, si on le présente comme le tarif de la pénalité à acquitter en cas de défaut de permis, l'ordre de grandeur envisagé par certains européens est plutôt en centaines, voire en milliers de dollars. Mentionnons cependant que les producteurs électriques danois qui se retrouveraient à court de permis sont pénalisés au taux de 40 couronnes danoises par tonne de CO<sub>2</sub> (de l'ordre de 20 euros/tonne de carbone) pour les années 2000 à 2003.

Quant à la valeur de  $s$ , elle est bien sûr nulle dans le cas de l'effet de serre, car personne ne songe sérieusement à une subvention dans le cadre de la lutte contre le changement climatique.

---

<sup>13</sup> En effet, si la courbe de dommage marginal ( $b$ ) est plus pentue que la courbe de coût marginal de dépollution ( $e$ ), il faut privilégier le recours à un marché de droits qui contrôlera mieux la quantité de pollution. Si les deux courbes sont aussi pentues, le planificateur est indifférent au choix des instruments. Enfin, si la courbe de coût marginal de dépollution est plus pentue que le dommage marginal, il faut privilégier l'instrument fiscal qui permet de mieux maîtriser les coûts.

<sup>14</sup> Raymond KOPP, Richard MORGENSTERN, William PIZER et Michael TOMAN, de Ressources for the future, proposent dans *A proposal for Credible Early action in U.S. Climate Policy*, un prix plafond de 25 \$/tC en 2002, qui augmenterait tous les ans de 7 % plus le taux d'inflation jusqu'en 2007.

## II. La coexistence de deux types de pollueurs justifie la juxtaposition des deux instruments prix et quantités au sein d'une même zone.

Dans le contexte de l'effet de serre, des objectifs quantitatifs nationaux ont été définis, et la théorie économique préconise alors d'utiliser un instrument « quantité » pour décentraliser au mieux cet objectif national. Mais en l'occurrence un marché de PEN ne peut suffire, puisqu'il est impossible de mettre en place un tel marché<sup>15</sup> pour l'ensemble des pollueurs. En effet, les pollueurs sont très dispersés, et les coûts de mesure et de contrôle des émissions de gaz à effet de serre ainsi que les coûts de transaction s'avèreraient par exemple rédhibitoires pour les ménages consommateurs. A titre d'illustration dans le secteur des transports individuels, l'essence peut être facilement taxée par l'intermédiaire de son prix de vente, alors que l'organisation d'un marché de PEN pour l'ensemble des automobilistes est irréaliste. La réalité sera donc un enchevêtrement de mesures réglementaires et de mesures économiques.

Scindons notre population de pollueurs en deux groupes : ceux qui sont habilités à acheter et vendre des permis entre eux sur le marché domestique supposé isolé, et les autres. Pour les autres, l'instrument mixte  $(q, s, t)$  proposé se réduit à une taxe obligatoire au taux  $t$ , qui correspond donc à la pénalité imposée aux pollueurs qui se retrouvent volontairement ou non à court de permis. A l'intérieur de chaque groupe, les pollueurs seront soumis à la même incitation marginale, et l'effort de dépollution se répartira de façon efficace entre eux. Par contre, si l'incitation à la marge est différente entre les deux groupes, l'effort sera mal réparti entre eux.

Si la quantité  $q$  de permis mise sur le marché par l'Etat est trop basse, un effort trop important sera demandé au départ aux pollueurs habilités. Au lieu de laisser le prix des droits s'envoler, ils auront recours à la possibilité d'acquitter la taxe  $t$ . On basculera donc dans un régime purement fiscal. Pour les pollueurs habilités, le coût marginal de dépollution plafonne à  $t$ , mais les émissions qu'ils rejettent s'avèrent supérieures à la quantité  $q$  qui leur avait été initialement proposée. L'incitation à dépolluer étant la même pour tous les pollueurs, la répartition de l'effort dans la lutte contre l'effet de serre sera efficace.

Si la quantité  $q$  de permis mise sur le marché est trop haute, l'effort demandé aux pollueurs habilités n'est pas suffisamment important, et le prix du permis s'établit finalement à  $s$ . Les pollueurs habilités rejettent moins que la quantité  $q$  qui leur avait été allouée. Du point de vue des impacts budgétaires, cette configuration induit deux effets. Le premier est l'obligation pour l'Etat de trouver des fonds pour racheter les permis superflus au prix  $s$ . Le deuxième est que dans le cas où le prix mondial d'échange des permis s'établit à un niveau supérieur à  $s$ , l'Etat peut recueillir des recettes en les revendant. Pour de faibles valeurs de  $s$  - voire une valeur nulle - ces deux effets se combinent pour dégager un excédent budgétaire. Cependant il est vraisemblable que ces reventes ne seront pas effectuées par l'Etat, mais bien plus probablement par des entreprises multinationales.

---

<sup>15</sup> Cette partie exclut implicitement la possibilité de permis « amont » liés à l'importation du carbone dans l'économie, et qui permet d'atteindre indirectement les pollueurs dispersés, avec cette caractéristique qu'en cas de dépassement des engagements du fait des pollueurs dispersés, c'est aux grandes compagnies énergétiques et non au budget de l'Etat de se procurer les permis supplémentaires requis.

De ce fait, la coexistence de permis « amont » pour les pollueurs dispersés, et de permis « aval » pour les industries fortement consommatrices d'énergie est *a fortiori* exclue.

Si la quantité  $q$  de permis mise sur le marché est adéquate, le prix d'échange s'établit à un niveau intermédiaire entre  $s$  et  $t$ . Les pollueurs habilités rejettent exactement la quantité  $q$  qui leur avait été allouée, et le marché de droits fonctionne sans que les mécanismes de contrôle des prix soient sollicités.

Dans les deux derniers cas, à savoir une quantité importante de droits, le décalage entre les incitations des pollueurs habilités ( $s$  ou  $p$ ) et des autres ( $t$ ) engendre une inefficacité dans l'effort de répartition en faveur des pollueurs habilités à détenir des permis.

### **III. Une fiscalité reposant sur l'usage ou la détention de permis est parfois envisagée.**

Il est également possible d'envisager une taxe à la détention de permis, c'est-à-dire de combiner encore les deux instruments. Dans un cadre national, avec une quantité fixe de permis mise sur le marché, l'instauration d'une telle taxe aurait pour effet de faire baisser le prix hors taxe du permis, son prix toutes taxes comprises restant au même niveau. Tant que le taux de taxe reste inférieur au permis, cette mesure permet à l'Etat de reprendre partiellement la rente de rareté associée à la pollution. Le poids de cette taxe pèse sur les détenteurs finaux des permis, et est donc appuyée sur la répartition efficace de l'effort de dépollution, comme dans le cas d'une mise aux enchères.

Dans un cadre international, il est nécessaire de pousser plus loin l'analyse pour prédire le prix national du permis. Il faut par exemple tenir compte des possibilités d'accès des opérateurs nationaux à des permis offerts au prix mondial.

Enfin, dans un cadre international, il est envisagé un prélèvement sur les trois mécanismes de flexibilité, par analogie avec la *share of proceeds* prévue pour le mécanisme de développement propre. Il est immédiat de comprendre que toute forme de prélèvement empêchera ou freinera des échanges qui auraient été mutuellement avantageux. De telles taxes ne sont pas analysées dans ce papier, mais il suffit de leur appliquer l'argumentation à l'égard d'une taxe Tobin pour comprendre ses défauts potentiels.

### **Conclusion : la combinaison des instruments économiques pourrait voir des applications dans la lutte contre l'effet de serre.**

Un marché de droits présente l'inconvénient de prix éventuellement difficile à prévoir et susceptible de s'envoler. Stabiliser les anticipations par une limitation de l'intervalle de variation de ce prix peut être obtenu en combinant les instruments « prix » et « quantité » de façon à encadrer les prix. Cependant l'association de marché de PEN et de taxes risque de faire peser un effort trop important sur les pollueurs qui n'ont pas accès au marché de droits. Le danger pour l'Etat réside dans la mise sur le marché d'une quantité trop importante de permis, ou de conditions trop avantageuses pour la reprise des permis inutilisés.

## Bibliographie

**William J. BAUMOL and Wallace E. OATES** (1988) : *The theory of environmental policy*, Second edition, Cambridge University Press.

**Sylviane GASTALDO** (1998) : *Permis négociables et réforme fiscale verte*, paru dans les Actes du colloque du PIREE du 13 mai 1998 à TOULOUSE : *Réforme fiscale verte et instruments économiques pour une coopération internationale : le contexte post Kyoto*, pp. 144-155.

**Sylviane GASTALDO** (1999) : *Permis négociables et mesures fiscales : comment les combiner ?*, présenté au colloque du PIREE des 2 et 3 décembre 1999 à STRASBOURG : *L'efficacité des politiques publiques face à la gestion de l'environnement et des ressources naturelles*.

**Olivier GODARD et Claude HENRY** (1998) : *Les instruments des politiques internationales de l'environnement : la prévention du risque climatique et les mécanismes de permis négociables*, paru dans le rapport du Conseil d'Analyse Economique publié à la Documentation Française : *Fiscalité de l'environnement*, pp. 83-174.

**William A. PIZER** (1997) : *Prices vs. Quantities Revisited: The Case of Climate Change*, Discussion Paper 98-02 de Resources for the future, October.

**Marc J. ROBERTS and Michael SPENCE** (1976) : *Effluent Charges and Licenses under Uncertainty*, Journal of Public Economics, vol. 5, n°3-4, April-May, pp. 193-208.

**Martin L. WEITZMAN** (1974) : *Prices vs Quantities*, The Review of Economic Studies XLI, october, pp. 477-491.

**Protocole de Kyoto** à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, disponible sur Internet.

ANNEXE : DEMONSTRATION

Face à cet instrument, les pollueurs ont le privilège de connaître la valeur précise de  $u$ , et ils rejettent donc :

- $q^*$  tant que leur coût marginal de dépollution reste compris dans l'intervalle  $[s^*, t^*]$ , soit si  $s^* = \frac{ae + bc}{b + e} - x \leq -C_u'(q^*) = c - e \cdot \frac{c - a}{b + e} + u \leq t^* = \frac{ae + bc}{b + e} + x$ , ou encore tant que  $|u| \leq x$ . Dans ce cas, le coût collectif de la pollution s'élève à  $CC_u(q^*) = D(q^*) + C_u(q^*) = D(q^*) + C_0(q^*) + \frac{u}{e}(c - eq^*) + \frac{u^2}{2e}$  ;
- $qs = \frac{c + u - s}{e} = q' + \frac{u + x}{e}$  pour  $-1/2 \leq u \leq -x$ . Le coût collectif de la pollution s'écrit alors sous la forme  $CC_u(s^*) = D(qs) + C_u(qs)$   
 $= D(q^*) + C_0(q^*) + (a + bq^*) \cdot \frac{u + x}{e} + \frac{b}{2} \left( \frac{u + x}{e} \right)^2 + \frac{1}{2e} (c - eq^*) \cdot x + \frac{x^2}{2e}$  ;
- $qt = \frac{c + u - t}{e} = q' + \frac{u - x}{e}$  pour  $x \leq u \leq 1/2$ . Le coût collectif de la pollution s'écrit alors sous la forme  $CC_u(t^*) = D(qt) + C_u(qt)$   
 $= D(q^*) + C_0(q^*) + (a + bq^*) \cdot \frac{u - x}{e} + \frac{b}{2} \left( \frac{u - x}{e} \right)^2 - \frac{1}{2e} (c - eq^*) \cdot x + \frac{x^2}{2e}$  ;

Le régulateur doit choisir  $x$  avant de connaître la valeur précise de l'aléa  $u$ , et résout

donc  $\underset{x}{\text{Min}} \ E \underset{u}{CC_u}(q^*, s^*, t^*) = D(q^*) + C_0(q^*) + \frac{x^3}{3e} + \frac{b}{3e^2} \left( \frac{1}{2} - x \right)^3 + \frac{x^2}{e} \left( \frac{1}{2} - x \right)$ .  $x$  est donc

solution de  $\underset{x}{\text{Min}} \ ex^3 + b \left( \frac{1}{2} - x \right)^3 + 3ex^2 \left( \frac{1}{2} - x \right)$ .