

Université Paris IX-Dauphine

Magistère de Gestion  
1ère année

**MICROÉCONOMIE APPROFONDIE**  
*III La pollution et le réchauffement climatique*

Marc Isabelle  
IMRI, bur. A702  
Université Paris IX-Dauphine  
pl. du M<sup>al</sup> de Lattre de Tassigny  
75775 PARIS cedex 16, France  
<marc.isabelle@dauphine.fr>

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## A PRÉSENTATION

- Une question du ressort de l'économie publique

Économie publique = champ de l'économie qui s'intéresse spécifiquement aux différents aspects de l'intervention des pouvoirs publics dans l'économie

Un volet macroéconomique = politique de change, de régulation des marchés financiers, financement des pouvoirs publics, fiscalité et redistribution, ...

Un volet microéconomique :

- politiques publiques de la santé, de l'éducation, de l'innovation
- politiques agricoles,
- politiques environnementales,
- etc.

et de manière transverse, politiques de régulation (incitations, réglementation) des marchés et des entreprises publiques ou privées

On s'intéresse spécifiquement aux deux derniers points

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## A PRÉSENTATION

- Politique publique et économie de l'environnement

Question traitée = différents instruments dont dispose l'État ou l'autorité de régulation pour influencer le comportement des pollueurs afin d'assurer une meilleure protection de l'environnement ; efficacité comparée de ces instruments

Dimension normative = rechercher ce que devrait faire (idéalement) une autorité de régulation soucieuse d'efficacité

Dimension positive = s'intéresser aux outils et mesures mis en œuvre concrètement pour évaluer s'ils sont opportuns et proposer des améliorations possibles

Problème central = les activités polluantes ont des conséquences sociales dont les pollueurs ne tiennent pas compte dans une pure logique de marché (pas de prix à payer sur un marché pour avoir le droit de polluer) ; par conséquent, *si aucune politique publique n'est mise en œuvre, les pollueurs pollueront trop par rapport au niveau économiquement efficace pour la société*

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## A PRÉSENTATION

- Définition et classification des instruments de politique environnementale

Instruments de politique environnementale = mesures institutionnelles mises en œuvre par une autorité publique dont le rôle est d'induire chez les pollueurs un comportement moins polluant

Il existe deux catégories d'instruments :

- les *instruments réglementaires* ; mesures destinées à contraindre le comportement des pollueurs sous peine de sanctions (normes d'émission, procédures d'autorisation administrative et licences d'exploitation, ...)
- les *instruments économiques* ; mesures incitatives qui agissent en modifiant l'environnement économique des pollueurs (coûts / bénéfiques) au moyen de signaux de prix (éco-taxes, subventions, marchés de droits à polluer ou systèmes de permis négociables, règles de responsabilité instituant des dédommagements financiers pour les victimes en cas de pollution, ...)

Certains instruments trouvent difficilement leur place dans ce système de classification :

- instruments informationnels sur les caractéristiques environnementales d'une activité industrielle ou sur les solutions mobilisables en cas de pollution,
- accords volontaires conclus entre un secteur industriel et une autorité publique (ex. aluminium, cimentiers, sidérurgie pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et l'augmentation de l'efficacité énergétique)

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

- La taxe et la norme

Instruments les plus utilisés en France et en Europe

Caractérisation de la *taxe Pigouvienne (ou éco-taxe)* :

- instrument économique,
- principe = faire intégrer au pollueur l'ensemble du coût social de son activité industrielle,
- moyen = *corriger le système des prix au moyen d'une taxe unitaire sur la production du pollueur,*
- objectif = mettre en phase les décisions privées du pollueur avec les objectifs de bien-être social

Caractérisation de la *norme d'émission* :

- instrument réglementaire,
- principe = contraindre le comportement du pollueur sous peine de sanctions,
- moyen = *imposer au pollueur le respect d'une quantité maximale d'émission polluante,*
- objectif = réduire le niveau de pollution par rapport à ce que le pollueur émettrait spontanément

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

- Modélisation / détermination de l'optimum social

Hypothèses :

- $n$  firmes émettant un polluant lors de leurs processus de production
- firme  $i$  a un coût de réduction de la pollution  $C_i(q_i)$  avec  $q_i$ =quantité de pollution émise ; hypothèses néoclassiques standards : plus la pollution est réduite, plus  $C_i$  est important ( $C_i' < 0$ ) et plus il est coûteux de dépolluer une unité supplémentaire ( $C_i'' > 0$ )
- la pollution engendre des dommages environnementaux ; traduits en termes monétaires, ils sont décrits par la fonction de dommage  $D(Q)$  où  $Q = \sum q_i$  ; naturellement,  $D$  augmente avec  $Q$  ( $D' > 0$ ) ; on suppose en outre que  $D'(Q) > -\sum C_i'(q_i)$  pour  $Q$  suffisamment grand (hypothèse nécessaire pour justifier une intervention publique)

Optimum social : l'objectif de l'autorité de régulation est de minimiser la somme des dommages environnementaux et des coûts de dépollution, soit :  $\text{Min} [D(Q) + \sum C_i(q_i)]$

Les  $n$  conditions de premier ordre donnent directement :  $-D'(\bar{Q}) = C_1'(\bar{q}_1) = \dots = C_i'(\bar{q}_i) = \dots = C_n'(\bar{q}_n)$   
On en déduit les quantités socialement optimales de pollution émises par chaque pollueur  $\bar{q}_i$  ainsi que la quantité totale  $\bar{Q} = \sum \bar{q}_i$

L'autorité de régulation doit donc *mettre en œuvre un instrument qui permette d'égaliser l'ensemble les coûts marginaux de réduction de la pollution des pollueurs avec le bénéfice marginal social* qui en résulte

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

- Détermination de l'équilibre de marché

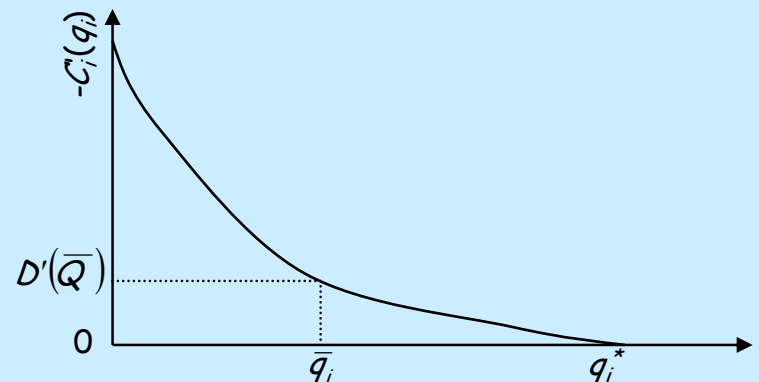
Que se passe-t-il dans une logique de laisser-faire, c'est-à-dire si aucun instrument de politique publique n'est mis en œuvre ?

L'entreprise  $i$  minimise son coût privé qui est égal à son coût de dépollution :  $\text{Min}_{q_i} [C_i(q_i)]$

La condition de premier ordre donne  $C'_i(q_i^*)=0$  ; on en déduit les quantités individuellement optimales de pollution émises par chaque pollueur  $q_i^*$  ainsi que la quantité totale  $Q^*=\sum q_i^*$

Interprétation : l'entreprise est incitée à polluer un peu plus tant que ça lui permet de réduire son coût de dépollution ( $C'_i(q_i)<0$ ) ; elle n'a plus rien à gagner à polluer davantage quand  $C'_i(q_i)=0$

Donc *chaque entreprise pollue trop par rapport au niveau qui serait socialement efficace* :  $q_i^* > \bar{q}_i$  et  $Q^* > \bar{Q}$



# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

- Modélisation de l'éco-taxe

L'autorité de régulation impose une éco-taxe  $t$  sur chaque unité de pollution émise par les pollueurs ; en fixant son montant tel que  $t=D(Q^*)$ , l'optimisation privée des entreprises en réaction à l'éco-taxe conduit à l'optimum social

L'entreprise  $i$  minimise son coût privé, somme du coût de dépollution et de l'éco-taxe sur la pollution :

$$\text{Min}_{q_i} [C_i(q_i) + t \cdot q_i]$$

La condition de premier ordre donne  $C'_i(q_i) = -t$  soit en remplaçant  $t$  par sa valeur  $C'_i(q_i) = -D(Q^*)$  qui est bien la condition décrivant l'optimum social

*C'est en corrigeant le système de prix que la taxe Pigouvienne permet de faire en sorte que la quantité socialement optimale de pollution soit émise ; le coût marginal social de la pollution est positif mais en laisser-faire, il est gratuit pour les entreprises de polluer davantage (coût marginal privé nul) ; l'éco-taxe unitaire  $t$  consiste à faire payer un prix à chaque entreprise pour la pollution qu'elle émet, exactement égal au dommage marginal qu'elle provoque sur l'environnement*



# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

- Discussion de l'efficacité de l'éco-taxe

*L'éco-taxe est doublement efficace mais pour être totalement opérationnelle, elle nécessite que l'autorité de régulation soit très bien (parfaitement) informée*

Premier vecteur d'efficacité, l'éco-taxe conduit à l'égalisation des coûts marginaux de dépollution des entreprises ; celle-ci permet de minimiser la somme des coûts de dépollution pour atteindre un résultat environnemental donné (principe d'équimarginalité) :  $\forall Q, \text{Min}(\sum C_i(q_i))$  avec  $Q = \sum q_i$

Second vecteur d'efficacité, l'éco-taxe permet d'obtenir un niveau de pollution qui égalise les coûts marginaux de dépollution avec le dommage marginal sur l'environnement, et ainsi d'atteindre la quantité de pollution socialement efficace  $Q$

L'efficacité concrète de l'éco-taxe dépend toutefois de la qualité de l'information dont dispose l'autorité de régulation :

- le premier effet est obtenu quel que soit le niveau de  $t$ , et donc même en information imparfaite,
- en revanche, pour obtenir le deuxième effet (montant optimal de  $t$ ), l'autorité de régulation doit connaître tous les coûts privés ainsi que la fonction de dommage environnemental (variables de l'équation définissant l'optimalité sociale)

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

### • Norme d'émission uniforme / différenciée

Une norme d'émission uniforme est un instrument réglementaire qui consiste à imposer à chaque entreprise le respect d'une même quantité maximale d'émission  $q_{max}$

La norme uniforme ne peut être efficace que si  $C_1'(q_{max}) = \dots = C_i'(q_{max}) = \dots = C_n'(q_{max}) = -D'(n \cdot q_{max})$ ; ceci requiert  
- que toutes les entreprises possèdent la même technologie de dépollution (pour l'équimarginalité),  
- et que l'autorité de régulation soit parfaitement informée sur les coûts privés et la fonction de dommage environnemental (pour déterminer  $\bar{q}_{max} = \bar{Q}/n$ )

Toutefois, *si l'autorité de régulation dispose d'une information parfaite, alors elle peut mettre en œuvre une norme d'émission différenciée socialement efficace* même dans le cas où les technologies de dépollution sont différentes d'une entreprise à l'autre

Il lui suffit d'imposer aux entreprises les quantités maximales d'émission  $(\bar{q}_1, \dots, \bar{q}_i, \dots, \bar{q}_n)$  a priori différentes telles que  $C_1'(\bar{q}_1) = \dots = C_i'(\bar{q}_i) = \dots = C_n'(\bar{q}_n) = -D'(\bar{Q})$

*En information parfaite, il n'est donc pas possible de fonder le choix d'un instrument de politique environnementale au détriment d'un autre* : une autorité de régulation parfaitement informée peut toujours calibrer l'éco-taxe ou la norme d'émission différenciée afin qu'elles soient socialement efficaces

Qu'en est-il dans un contexte où l'autorité de régulation n'est pas parfaitement informée sur les coûts privés et/ou la fonction de dommage environnemental ?

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

- Efficacité comparée éco-taxe / norme d'émission en information imparfaite

Les effets relatifs de différents types d'imperfection d'information sur les instruments de politique environnementale (précisément taxe Pigouvienne et norme d'émission) ont été étudiés par Baumol (1972) et Weitzman (1974)

Hypothèse (réaliste) : l'autorité de régulation connaît mal les coûts de dépollution et/ou les dommages environnementaux (problèmes d'évaluation critiques pour ces derniers)

Afin de trouver des solutions opérationnelles, le problème général peut alors se scinder en deux questions :

1. quel est l'objectif social de dépollution  $\bar{Q}$  que la politique environnementale se propose d'atteindre ?
2. quels instruments choisir pour atteindre cet objectif avec le but de minimiser les coûts de dépollution ?

L'analyse économique se focalise alors sur la seconde question, laissant au processus politique le soin de régler la première ; on recherche donc un optimum de second rang (la minimisation des coûts de dépollution) plus modeste que l'optimum de Pareto

On peut synthétiser très simplement les résultats de la comparaison entre taxe et norme d'émission :

- **l'éco-taxe, de par son caractère décentralisé, permet de minimiser les coûts de dépollution** (équimarginalité) ; mais sans information sur les coûts de dépollution, l'autorité de régulation ne peut pas la calibrer de façon à atteindre l'objectif de dépollution  $\bar{Q}$ ,
- **la norme d'émission, de par son caractère centralisé, permet au contraire d'implémenter directement l'objectif de dépollution** ; mais sans information sur les coûts de dépollution, l'autorité de régulation ne peut pas la calibrer de façon à minimiser les coûts de dépollution

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

- Eco-taxe ou norme d'émission en information imparfaite : comment choisir ?

Afin de pouvoir choisir un instrument ou l'autre, on peut évaluer pour chacun l'ampleur relative des conséquences des erreurs de l'autorité de régulation mal informée (non minimisation des coûts de dépollution / non atteinte de l'objectif de dépollution)

Conséquence des erreurs →	avec l'éco-taxe	avec la norme
Nombre de pollueurs	-	+
Hétérogénéité des coûts de dépollution	-	+
Ratio $\frac{\text{Pente du coût marginal de dépollution}}{\text{Pente du dommage marginal}}$	-	+

D'après Weitzman (1974) + (resp. -) indique une corrélation positive (resp. négative)

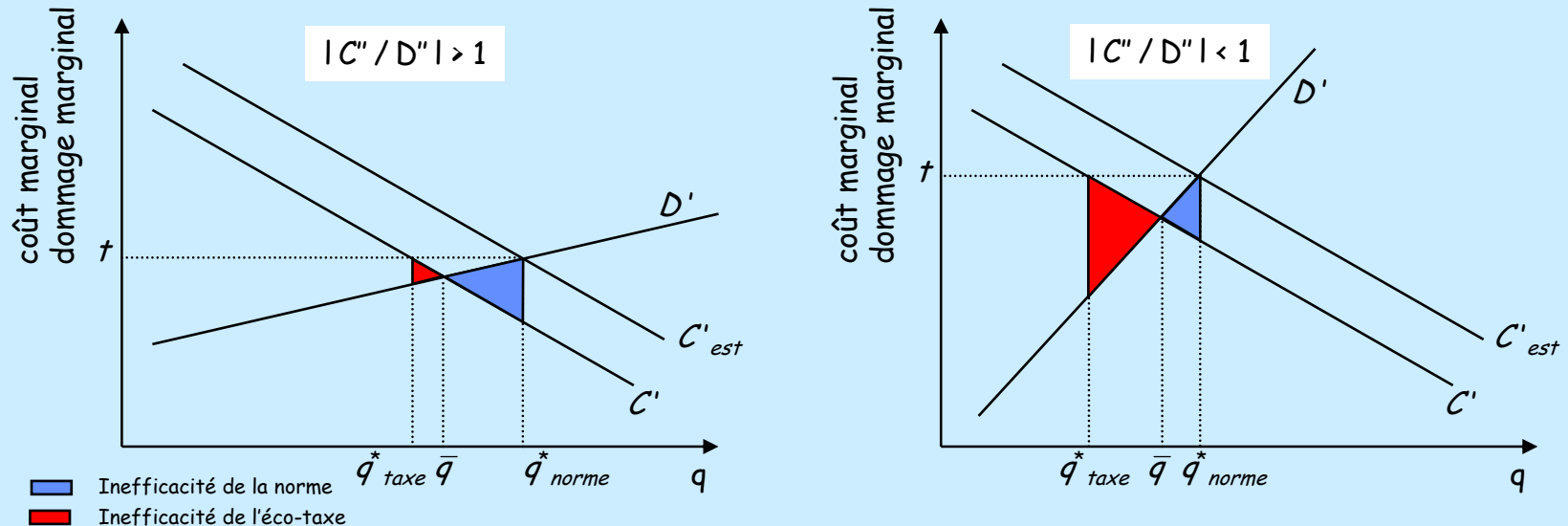
***L'autorité de régulation agit donc plus efficacement*** (= atteindre l'objectif de dépollution  $\bar{Q}$  en minimisant les coûts de dépollution) ***par l'éco-taxe quand le nombre de pollueurs est important, quand les technologies de dépollution sont hétérogènes et quand le coût marginal de dépollution croît plus vite que le dommage marginal sur l'environnement*** (et vice-versa pour la norme d'émission)

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## B LES INSTRUMENTS TRADITIONNELS

- Illustration graphique du résultat relatif au ratio  $|C'' / D''|$

C'est le résultat le plus original et le plus célèbre de Weitzman (1974) ; on l'illustre graphiquement (hypothèses: une seule entreprise pollueuse et mauvaise information sur les coûts de dépollution seulement)



Concrètement, ce résultat peut justifier la **préférence de la norme par rapport à l'éco-taxe pour réguler les pollutions accidentelles et les catastrophes industrielles** (ex. accidents nucléaires, caractérisées par un dommage environnemental marginal fortement croissant)

**Dans un contexte réaliste de mauvaise information de l'autorité de régulation, il n'est pas possible de conclure qu'un instrument est meilleur que l'autre en toutes circonstances**

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

- Historique

Invention théorique par J.H. Dales, économiste canadien, dans son livre *Pollution, Property and Prices* (1968) ; contribution antérieure de R.H. Coase, « The Problem of Social Cost », *Journal of Law and Economics*, (1960)

Concept ensuite développé par les économistes américains ; premier essor avec sa mise en œuvre concrète dans le cadre du *Clean Air Act* de 1990 aux États-Unis pour la gestion des émissions de SO<sub>2</sub> par les centrales thermiques

Deuxième essor : instrument central envisagé dans le cadre du protocole de Kyoto signé en 1997 pour la lutte contre le réchauffement climatique (objectif = réduction des émissions de gaz à effet de serre, principalement le CO<sub>2</sub> d'origine énergétique)

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

### • Principe de fonctionnement

L'autorité de régulation fixe l'objectif social de dépollution et distribue aux pollueurs une quantité de droit à polluer équivalente ; par exemple, si elle souhaite limiter les émissions de  $\text{SO}_2$  à 150.000 tonnes par an, elle émet  $N=150.000$  droits à polluer ; le possesseur d'un droit est autorisé à émettre une tonne de  $\text{SO}_2$  par an dans l'atmosphère

Deux solutions à la portée de l'autorité de régulation pour allouer les droits à polluer entre les pollueurs :

(i) vente aux enchères

(ii) distribution gratuite des droits, selon une clé de répartition *ad hoc* (ex. allocation au prorata des émissions passées de chaque pollueur dite « *grandfathering* »)

L'autorité de régulation crée un marché pour que ces droits puissent être échangés ; sur ce marché, un prix va émerger par la confrontation d'une offre et d'une demande ; en effet, chaque pollueur fait face au choix suivant : (i) soit détenir un droit pour être autorisé à émettre une tonne/an de polluant, (ii) soit ne pas détenir ce droit mais dépolluer la tonne/an de polluant qu'il n'est pas autorisée à émettre

Un pollueur est donc en position :

- d'offreur d'un droit si le prix auquel il le vend est supérieur à son coût marginal de dépollution,
- de demandeur d'un droit si le prix auquel il l'achète est inférieur à son coût marginal de dépollution

Si échange au prix  $p$ , c'est que  $C'_{\text{offreur}}(q_{\text{offreur}}) < p < C'_{\text{demandeur}}(q_{\text{demandeur}})$  ; ainsi, ***l'échange de permis d'émission naît de l'hétérogénéité des coûts marginaux de dépollution***

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

### • Modélisation

Rappel :

sans système de PEN, le pollueur  $i$  minimise son coût privé qui est égal à son coût de dépollution :  $\text{Min}_{q_i} [C_i(q_i)]$   
et on a à l'équilibre :  $C'_i(q_i^*)=0$

Avec système de PEN, le pollueur  $i$  achète (resp. vend) des droits à polluer si il pollue plus (resp. moins) que son quota  $N_i$ ; il minimise son coût privé qui est égal à son coût de dépollution + son coût d'achat/vente de droits :

$$\text{Min}_{q_i} [C_i(q_i) + p \cdot (q_i - N_i)]$$

A l'équilibre :  $p = -C'_i(q_i^*)$  ; on en déduit les quantités individuellement optimales de pollution émises par chaque pollueur  $q_i^*$  ainsi que la quantité totale  $Q^* = \sum q_i^*$

Interprétations :

- version pollueur peu efficace en termes de dépollution : il est incité à polluer un peu plus tant que son coût marginal de dépollution est supérieur au prix d'achat d'un droit  $p$  ( $-C'_i(q_i) > p$ ),

- version pollueur très efficace en termes de dépollution : il est incité à dépolluer un peu plus tant que le prix de vente d'un droit  $p$  est supérieur à son coût marginal de dépollution ( $p > -C'_i(q_i)$ )

Aucun pollueur n'a plus rien à gagner quand le prix d'achat/vente d'un droit est égal à son coût marginal de dépollution



# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

### • Efficacité

Si au prix  $p$ ,  $\sum q_i^* > \sum N_i$ , il y a un excès de la demande de droits à polluer sur l'offre et le prix va s'ajuster à la hausse ; vice-versa pour  $\sum q_i^* < \sum N_i$

A l'équilibre sur le marché des droits à polluer, le prix d'échange des droits  $p$  est tel que  $\sum q_i^* = \sum N_i = N$  : la quantité de pollution émise est égale à l'objectif social de dépollution

On a alors  $p = -C_1'(q_1^*) = \dots = -C_i'(q_i^*) = \dots = -C_n'(q_n^*)$  : *les PEN conduisent donc au respect du principe d'équimarginalité, l'objectif social de dépollution est atteint en minimisant le coût total de dépollution*

Si au-delà de la minimisation du coût total de dépollution, on veut obtenir l'optimalité parétienne, il convient de distribuer une quantité de permis correspondant à l'optimum social en matière de pollution :

$$\bar{N} = \sum \bar{q}_i \quad \text{tel que} \quad p = -C_1'(\bar{q}_1) = \dots = -C_i'(\bar{q}_i) = \dots = -C_n'(\bar{q}_n) = D'(\bar{N})$$

Comme pour l'éco-taxe, l'efficacité concrète des PEN dépend de la qualité de l'information dont dispose l'autorité de régulation :

- l'équimarginalité est obtenue quel que soit l'objectif social  $N$  (donc même en information imparfaite),
- en revanche, pour atteindre l'optimum de Pareto, l'autorité de régulation doit connaître tous les coûts privés de dépollution ainsi que la fonction de dommage environnemental (variables de l'équation définissant  $\bar{N}$ )

NB : l'efficacité d'un système de PEN ne dépend pas des quota initiaux de permis  $N_i$  ; l'allocation initiale a uniquement un effet redistributif entre les pollueurs

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

- Efficacité comparée PEN / éco-taxe

La condition marginale définissant l'équilibre de marché avec un système de PEN est la même que celle définissant l'équilibre de marché avec une éco-taxe, à ceci près que la taxe unitaire  $t$  est remplacée par le prix d'échange des droits à polluer  $p$

Les propriétés en termes d'efficacité (OP de premier rang ou équimarginalité de deuxième rang) sont donc identiques pour les deux instruments

Mais avec les PEN, la variable de contrôle est une quantité (idem norme d'émission) alors que c'est un prix avec l'éco-taxe ; ***les résultats de Weitzman s'appliquent aussi au choix d'un instrument entre éco-taxe et PEN en situation d'information imparfaite***

Avec les PEN, le prix s'établit spontanément sur le marché alors qu'il est fixé par l'autorité de régulation pour l'éco-taxe (prix administré)  $\Rightarrow$  meilleure flexibilité pour les PEN en cas de choc exogène dans l'économie (choc inflationniste, choc technologique)

Les PEN n'engendrent pas de revenu pour l'Etat avec le système d'attribution « *grandfathering* » au contraire de l'éco-taxe  $\Rightarrow$  meilleure acceptabilité par les pollueurs

***Les PEN constituent un instrument de politique environnementale d'inspiration libérale*** qui a été promu en réaction aux critiques croissantes sur l'efficacité des instruments administrés (éco-taxe et norme d'émission)

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

- L'expérience américaine de permis négociables : le *Clean Air Act*

Première expérience à grande échelle des permis d'émission négociables comme instrument de politique environnementale ; la seule réellement significative à ce jour

Historique :

- 1970 : adoption du *Clean Air Act* = texte fondateur de la politique américaine en matière de pollution atmosphérique
- 1970-77 : première phase de cette politique = échec
- 1977 : inflexion par les pouvoirs publics = des systèmes de permis négociables sont mis en place à petite échelle, sans grand succès jusqu'en 1990

1990 : adoption du *Clean Air Act Amendment (CAAA)* ; son titre IV définit une politique fédérale ambitieuse en matière de pluies acides, qui va conduire à la première expérience à grande échelle de permis négociables

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

- Le *Clean Air Act Amendment* de 1990 : objectifs et moyens

Objectif = réduction de 50 % des émissions de SO<sub>2</sub> par les centrales électriques en l'an 2000 par rapport à 1980, soit une réduction de 9 millions de tonnes  
Moyen = système de permis d'émission négociables

Caractéristiques du système de permis d'émission négociables :

- aire géographique du marché = ensemble des Etats-Unis
- un permis = droit à émettre une tonne de SO<sub>2</sub> pendant une année spécifiée (les permis sont donc millésimés, il existe des permis pour 1999, 2000, ...)
- permis distribués gratuitement au prorata des émissions passées (moyenne 1985-1987) = *grandfathering*
- totale liberté quant à l'utilisation des permis ; ils peuvent être utilisés pour polluer, vendus ou épargnés (*banking*) pour une utilisation ou une vente ultérieure

Démarrage effectif - et donc première dépollution - en 1995

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

### • *Le Clean Air Act Amendment* de 1990 : résultats

Dès 1995, le résultat environnemental dépasse toutes les prévisions :

- 8,7 millions de permis ont été distribués, mais seules 5,3 millions de tonnes de  $SO_2$  ont été émises (40 % de mieux que l'objectif)
- 50 % du volume de dépollution est réalisé par des systèmes de désulfuration des fumées ; 50 % par modification de l'approvisionnement au profit de charbon à faible teneur en soufre

Démarrage du marché plus chaotique :

- premières transactions sur les droits commencent dès 1993
- cette année-là, vente aux enchères organisée par l'EPA en mars = échec très médiatisé : un tiers seulement des permis offerts est vendu (à un prix unitaire moyen de 157 \$ alors qu'on avait anticipé des prix de l'ordre de 250 - 400 \$)
- depuis, la situation s'est nettement améliorée : dispersion des prix de transaction en diminution et volumes de transaction significatifs (5 millions de permis vendus en 1995, tous millésimes confondus)

Pour les 8,7 millions de permis millésimés 1995, l'utilisation a été :

- 4,8 millions utilisés pour polluer,
- 0,5 million vendus,
- 3,4 millions mis en dépôt

Le prix a continué de baisser pour se stabiliser en 1997 à 100 \$

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

### • Le protocole de Kyoto : présentation

Projet d'expérimentation à l'échelle mondiale des permis d'émission négociables pour lutter contre le réchauffement climatique ; en inspiration directe de l'expérience américaine sur le  $SO_2$  ; horizons de temps (cible = 2100), degrés d'incertitude (révolution technologique dans la production d'énergie pas impossible) et échelles de risque (submersion possible d'agglomérations urbaines entières) que l'économie n'a pas l'habitude d'appréhender

Historique :

- 1992 : conférence de Rio ; mobilisation de la communauté internationale avec la Convention Cadre sur le Changement Climatique,
- 1997 : signature du protocole de Kyoto par quatre-vingt quatre pays,
- 2002 : 55 pays l'ont ratifié ; refus de ratification des États-Unis

Le protocole entrera en vigueur quand les pays l'ayant ratifié représenteront 55% des émissions des pays industrialisés en 1990  $\Rightarrow$  poids de la décision de la Russie, en position de force pour négocier

Objectif : réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) sur la période 2008-2012 par rapport aux niveaux de 1990 ; unité de compte : la tonne de carbone (équivalent  $CO_2$ ) ; engagements quantitatifs fermes pour les pays industrialisés (pays de l'annexe B) : Union Européenne -8,4 %, effort réparti entre ses États membres dans le cadre de la « bulle européenne » (France  $\pm 0$  %) ; pas de contrainte sur les émissions des pays en développement

Dimension de bien collectif global du (non-)réchauffement climatique  $\Rightarrow$  possibilité pour une partie de respecter son engagement de réduction ailleurs que sur son propre territoire (Développement propre, cf. infra)

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

### • Le protocole de Kyoto : le mécanisme du marché fermé

Deux types de marché peuvent être créés pour échanger les permis d'émission des gaz à effet de serre : le marché fermé « *cap and trade* » / le marché ouvert « *open market trading* »

Fonctionnement d'un marché fermé : (cf. supra principe de fonctionnement des PEN)

- fixation d'un objectif social mondial d'émissions de gaz à effet de serre, correspondant à un nombre donné de permis d'émission,
- identification des participants au système de marché (typiquement émetteurs de gaz à effet de serre),
- allocation des permis d'émission entre les différents participants selon une clef de répartition donnée,
- échange effectif des permis

Résultats sur un marché fermé : (cf. supra modélisation et efficacité des PEN)

- les participants avec des technologies de dépollution très performantes émettront moins que leur quota, et seront donc en situation d'offre sur le marché des permis d'émission,
- les participants avec des technologies de dépollution peu performantes émettront plus que leur quota, et seront donc en situation de demande sur le marché des permis d'émission,
- à l'équilibre, le prix est tel que offre de permis = demande de permis et l'objectif social mondial d'émissions de gaz à effet de serre est atteint au moindre coût

Observations relatives au marché fermé :

- les échanges de permis proviennent des hétérogénéités des technologies de dépollution des participants,
- on crée un marché de toutes pièces ⇒ une attention particulière doit être portée au design du marché afin de minimiser les coûts de transactions,
- l'allocation initiale des permis peut être gratuite ou organisée par un système d'enchères ; elle a un effet redistributif mais ne modifie pas en théorie l'efficacité du marché des permis d'émission

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

- Le protocole de Kyoto : le marché fermé en pratique

Participants = pays industrialisés (pays de l'annexe B du protocole)

Allocation initiale des permis décidée en 1997 (technique du « *grandfathering* » sur la base des émissions de 1990) : ex. Canada 571 Mt/an de GES (émission de 1990 -6%)

Les marchés de permis d'émission peuvent être régionaux, nationaux ou internationaux ; le marché mondial devrait ouvrir en 2008

Certains pays participants ont d'ores et déjà créé leurs marchés nationaux de permis :

- Royaume-Uni et Danemark (un an de fonctionnement et résultats mitigés pour le premier),
- Norvège démarrera son marché en 2005 ; il remplacera la taxe sur le carbone instaurée en 1991,
- aux Etats-Unis, démarrage imminent du *Chicago Climate Exchange*

Au niveau européen, directive pour la mise en œuvre d'un marché unique en 2005 qui couvrirait 45% des émissions de gaz à effet de serre de l'union européenne



# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

- Le protocole de Kyoto : le marché ouvert, mécanisme et pratique

Indépendamment de tout quota d'émission, un participant réalisant un projet qui permet de réduire ses émissions de gaz à effet de serre obtient un crédit d'émission qu'il peut échanger sur le marché ouvert

Deux types de mise en œuvre concrète dans le cadre du protocole de Kyoto :

- Développement propre (art. 12) = projet réalisé par une partie de l'annexe B chez une partie non membre de l'annexe B,

- Mise en œuvre conjointe (art. 6) = projet réalisé chez une partie membre de l'annexe B

Les crédits obtenus viennent en déduction des émissions réelles sur le marché fermé (cf. par exemple l'accord bilatéral Norvège - Roumanie, in Laramée V., « La lutte contre le changement climatique au cœur des politiques européennes »)

Le mécanisme de marché ouvert introduit davantage de flexibilité pour réduire sa demande / augmenter son offre de permis ; il peut offrir un potentiel de réduction d'émissions important mais :

- plus difficile à contrôler (le caractère effectif des réductions d'émissions doit être vérifié par une tierce partie),

- coûts de transactions élevés,

- pas de retour d'expérience significatif

# LA POLLUTION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

## C LES PERMIS D'ÉMISSION NÉGOCIABLES

- L'évaluation ex ante des résultats du protocole de Kyoto

Les transactions de permis d'émission se multiplient

Prix : de 2\$ à 8\$/tCO<sub>2</sub> ; pas très incitatif à la dépollution ou à l'innovation technologique dans des nouvelles technologies ; on attend à terme (2008-2012) un prix entre 20\$ et 30\$/tCO<sub>2</sub>

Impact des possibilités d'intégrer les « puits de carbone » : activités de (re)boisement générant des crédits dans le cadre des marchés ouverts ; peuvent servir d'échappatoires aux pays industrialisés en substituant à leurs quotas d'émissions réelles des droits d'émissions qui leur permettraient en pratique de continuer à émettre

« Il n'est pas surprenant qu'un problème qui met en cause la survie de l'humanité, ou tout au moins l'intégrité du vaisseau spatial qui abrite l'espèce humaine, ait des dimensions dont l'évaluation ne puisse être épuisée par la discussion technique des choix selon le modèle de rationalité économique » (Roger Guesnerie, auteur du rapport du Conseil d'Analyse Économique « Les enjeux économiques de l'effet de serre »)