



**HAL**  
open science

## Allocation de permis à polluer en asymétrie d'information

Mourad Ali, Patrick Rio

► **To cite this version:**

Mourad Ali, Patrick Rio. Allocation de permis à polluer en asymétrie d'information. 2009. hal-02818759

**HAL Id: hal-02818759**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02818759>**

Preprint submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**L A M E T A**

**Laboratoire Montpellierain  
d'Economie Théorique et Appliquée**

U M R  
Unité Mixte de Recherche

# DOCUMENT de RECHERCHE

« Allocation de permis à polluer en  
asymétrie d'information »

Mourad ALI  
Patrick RIO

DR n°2009-23

Faculté de Sciences Economiques - Espace Richter  
Avenue de la Mer - Site de Richter C.S. 79606  
3 4 9 6 0 M O N T P E L L I E R C E D E X 2  
Tél: 33(0)467158495 Fax: 33(0)467158467  
E-mail: lameta@lameta.univ-montp1.fr

# Allocation de permis à polluer en asymétrie d'information

Mourad Ali\*

Patrick Rio<sup>†</sup>

## Résumé

Dans cet article nous traitons de l'allocation de permis à polluer dans le cas de la pollution diffuse. Par diffus, nous repérons un double problème informationnel : aléa moral et sélection adverse. Afin de traiter ces deux problèmes d'information, nous concevons un mécanisme en deux étapes, chacune résolvant une asymétrie informationnelle. Dans un premier temps, nous construisons un collectif qui sera responsable si la norme de pollution ambiante est dépassée. Pour y parvenir, nous mettons en place une incitation collective discriminatoire selon que les agents soient à l'intérieur ou l'extérieur du collectif. Ainsi, au lieu de contrôler le niveau des émissions individuelles le régulateur ne contrôle que la pollution collective donnée par le niveau de la pollution ambiante. Cette première étape nous permet de résoudre le problème de l'aléa moral. Dans un deuxième temps, nous développons un processus itératif qui permet aux agents qui sont dans le collectif de se répartir les permis à polluer. Pour que ce processus itératif joue son rôle, il est couplé à un schéma incitatif permettant d'éliminer les gains qui pourraient résulter de la fraude. Ainsi, cette seconde étape nous permet de résoudre le problème de la sélection adverse.

**mots-clés** : Pollution diffuse, allocation de permis, mécanisme collectif, aléa moral, sélection adverse, processus itératif.

**JEL codes** : C72, H23, L51, Q53

---

\*CIHEAM-IAMM, INRA et Université Montpellier 1. Adresse : INRA LAMETA, 2 Place Pierre VIALA, 34060 Montpellier Cedex 2, France. Email : ali@supagro.inra.fr.

<sup>†</sup>INRA. Adresse: INRA LAMETA, 2 Place Pierre VIALA, 34060 Montpellier Cedex 2, France. Email : rio@supagro.inra.fr.

# 1 Introduction

La pollution diffuse se caractérise par un double problème informationnel, *aléa moral*, car le régulateur n'observe pas parfaitement les actions entreprises par le pollueur diffus dans son effort d'abattement, et *sélection adverse*, car le pollueur possède une information privée, le coût marginal d'abattement, à laquelle le régulateur n'a pas accès. Dans notre contexte, la sélection adverse est accentuée par l'hétérogénéité des agents contribuant à la pollution ambiante. Il en résulte que la conception d'une politique efficace de gestion de la pollution diffuse devra prendre en compte ces deux types d'asymétries informationnelles.

Segerson [?] a développé un schéma incitatif basé sur la différence entre un niveau global de pollution, mesuré en un site donné, et une norme de pollution définie à l'avance. Comme ce schéma est basé sur le niveau de pollution collective, ambiante, le régulateur n'a pas besoin de contrôler les émissions individuelles. Toutefois, comme l'a noté Cabe et Herriges [?], il est nécessaire que les agents soient conscients que leur comportement a un impact sur le niveau global de pollution. De plus, ce schéma incitatif n'est neutre fiscalement que si la norme de pollution ambiante est respectée. En effet, si la pollution est au-dessus de la norme, les recettes de la taxe excèdent la valeur des dommages, car chaque agent paie une taxe égale au dommage marginal. Toutefois, comme la taxe ambiante incite chaque agent à choisir le niveau d'émission optimal, cette dernière objection n'est pas fondée, *in fine*.

Nous conservons en partie le schéma de Segerson [?]. En effet, nous développons un mécanisme menace les pollueurs d'une taxe ambiante dissuasive si le niveau de la pollution ambiante dépasse la norme de pollution socialement admise. Nous y mettons cependant une restriction, si les agents concernés adhèrent à un collectif doté d'une personnalité morale. En procédant de la sorte, nous résolvons le problème d'aléa moral. D'une part, le montant de la taxe ambiante incite tous les agents à joindre ce collectif. D'autre part, le régulateur n'a plus à faire qu'à un unique interlocuteur dont la responsabilité à l'échelle spatiale retenue, est clairement établie : cette personne morale supporte tous les droits ; le dépassement de la norme peut n'être

mesuré qu'en un seul point, l'exutoire d'un bassin versant, par exemple.

La responsabilité du collectif étant bien définie, la difficulté est maintenant reportée au sein du collectif à travers la sélection adverse. En effet, l'hétérogénéité des agents entraîne qu'un même abattement n'appelle pas un même effort selon les caractéristiques de l'agent. Par opposition à la taxe ambiante dissuasive mais homogène, on attend qu'une incitation interne différencie les contributions des membres selon leur type. La deuxième étape de notre mécanisme doit contrôler cet effet de sélection adverse. Nous y parvenons en simulant un marché de permis, sous menace de pénalité individualisée.

Chaque agent confronté au respect collectif de la norme sociale de pollution, est conduit à évaluer le coût d'abattement qui résulte de sa contribution. Pour faciliter cette évaluation, nous introduisons un processus itératif qui peut être animé par le régulateur. Ce processus consiste en l'annonce d'un prix d'achat de permis à polluer, prix auquel chaque membre du collectif confronte son coût marginal d'abattement. Parce que les demandes ne coïncident pas d'emblée avec la quantité de permis correspondant à la norme, le régulateur itère le prix proposé en l'ajustant à la hausse ou à la baisse selon que la demande globale de permis s'établit en excès ou en défaut.

Procédure de coordination classique jusqu'ici, ce mécanisme s'en distingue nécessairement parce que, les actions des membres n'étant pas observables : les agents peuvent donc frauder. En effet, deux sources de fraude peuvent être observées : abattre moins qu'annoncé (décalage entre la quantité de permis demandée et la quantité de polluants utilisés) et demander plus de permis que nécessaire au prix annoncé (en vue de revendre ces permis sur un marché parallèle par exemple).

Afin d'éviter ces deux incitations à frauder, nous proposons d'allouer à chaque membre gratuitement une quantité de permis sur une base arbitraire. Cette allocation place les agents dans une position d'acheteur ou de vendeur selon leur type. La procédure itérative consiste donc à ajuster les besoins dont le régulateur se porte garant : il achètera aux uns pour vendre aux autres lorsque le prix sera stabilisé. Deux quantités sont alors connues

: l'allocation initiale et l'allocation à l'issue de la procédure d'ajustement. Nous introduisons alors une pénalité individualisée à deux composantes : l'une destinée à capturer l'effet de richesse (positif ou négatif) résultant de l'octroi de permis, l'autre contrôlant le gain potentiel résultant d'une émission supérieure aux permis alloués.

L'article est organisé comme suit. Dans la section ?? nous expliquons la construction du collectif. Puis dans la section ??, nous présentons le marché de permis et décrivons le processus itératif guidant l'allocation des permis à polluer. Ce processus garantit la stabilité du collectif en incitant les agents à révéler honnêtement leur type. Enfin nous finissons par quelques remarques et une conclusion dans la section ??.

## 2 Première étape : Construire le collectif

Jusqu'à présent en France, les mécanismes incitatifs de réduction de la pollution diffuse d'origine agricole ont consisté en des approches volontaires<sup>1</sup>. Basées sur une participation volontaire, ces approches n'imposent pas l'engagement de tous les agents émetteurs de polluant. Leurs résultats sont limités. De meilleurs succès seraient obtenus si tous les agents étaient impliqués. Malheureusement l'implication de tous les émetteurs potentiels au niveau d'un site ne conduit pas de manière simple à les rendre responsables individuellement du niveau de pollution ambiante mesuré pour le site. On ne sait pas remonter de cette mesure aux émetteurs. Par suite, on encourt le risque de punir l'innocent avec le coupable. Il est possible cependant de contourner cette difficulté en incitant chaque émetteur dans une aire géographique bien déterminée, à rejoindre un collectif seul responsable si la norme de pollution ambiante est dépassée.

A cet effet, nous considérons la pollution ambiante qui est la résultante de l'agrégation des émissions individuelles et mesurée à l'exutoire d'un bassin versant par exemple. Cette pollution ambiante est comparée à une norme de pollution définie au niveau du site par le régulateur. Si la norme de pol-

---

<sup>1</sup>"*Les mesures agri-environnementales*" (1991) qui ont été intégrées à la Politique Agricole Commune à travers la directive no. 2078/92 (1992), "*Contrat Territorial d'Exploitation*" (1999), "*Contrat d'Agriculture Durable*" (2002), "*Natura 2000*" (2004) et plus récemment les "*Mesures Agri-Environnementales Territorialisées*" (2007).

lution ambiante est dépassée, le niveau de la pollution mesurée est la seule information juridiquement pertinente que le régulateur peut utiliser contre les agents, considérés comme une personne morale unique. Cette personne morale est bien identifiée : propriétaire des droits de propriété sur les émissions et par conséquent responsable du dépassement de la norme de pollution ambiante.

Dans cette section, nous abordons la façon dont le régulateur substitue une personne morale unique à plusieurs agents dispersés situés dans une zone bien définie (relativement à un point de mesure). Inspirée de la taxe ambiante de Segerson [?], cette taxe ambiante doit dissuader les agents d'être en dehors du collectif. Il est nécessaire pour cela que le taux de taxe appliqué aux membres du collectif, si la norme de pollution ambiante est dépassée, soit inférieur à celui auxquels font face les agents concernés qui n'adhèreraient pas au collectif.

Soit  $Z$  le niveau de la pollution ambiante mesurée à l'exutoire d'un bassin versant et  $\bar{Z}$  la norme de pollution ambiante. Cette norme est connue par tous les agents situés dans la zone touchée par la pollution diffuse. Soit une taxe différenciée selon que l'agent est dans le collectif ou non.

Pour les agents qui choisissent d'être hors du collectif, la taxe est définie comme suit pour tout agent :

$$t = \mathbb{1}_{Z > \bar{Z}} t(Z - \bar{Z}) = D'(Z - \bar{Z})$$

Avec  $\mathbb{1}_{Z > \bar{Z}} = 1$  si  $Z > \bar{Z}$ , 0 sinon.

En cas de dépassement de la norme  $\bar{Z}$ , le taux de taxe  $t(\cdot)$  serait équivalent au dommage marginal  $D'(\cdot)$ <sup>2</sup>.

Parce que la construction du collectif est l'objectif du régulateur dans cette étape, ce schéma de taxation correspond à son objectif si,  $t_i^c < D'(Z - \bar{Z})$ . Dans ce cas, un argument de rationalité implique que tous les agents

---

<sup>2</sup>Nous supposons que la fonction de dommages  $D(\cdot)$  peut être connue à travers les coûts d'investissement en équipements de traitement nécessaire pour restaurer la potabilité de l'eau par exemple.

préfèrent rejoindre le collectif. Ici,  $t_i^c$  est une pénalité individualisée basée sur le niveau de la pollution ambiante et appliquée aux agents qui ont choisi d'adhérer au collectif.

La taxe ambiante conçu pour les agents qui choisissent de rester hors du collectif est purement persuasive, *i.e.*, elle est appliquée seulement si le collectif ne parvient pas à se former. Ce schéma de taxation garantit que chaque agent gagnerait plus à rejoindre le collectif qu'à rester en dehors. L'hypothèse de rationalité individuelle garantit que personne ne restera hors du collectif<sup>3</sup>.

Cependant la robustesse temporelle du mécanisme nécessite de porter une attention particulière à la conception de la pénalité ambiante individualisée. Parce que les agents sont hétérogènes et ne perçoivent pas de la même manière le mécanisme, on a besoin de satisfaire une condition de stabilité du collectif. Ce que nous allons construire en seconde étape.

### **3 Seconde étape : Marché de permis échangeables et coordination sur l'allocation initiale**

En première étape, nous avons proposé la mise en oeuvre d'un mécanisme qui incite les agents à rejoindre une entité collective, personne morale bien définie et reconnue par le régulateur. Cette personne morale étant dotée des droits complets sur la pollution générée sur le site, elle est responsable et punissable en cas de manquement au regard de la norme de pollution ambiante admise. Les droits étant vérifiables, le régulateur ne rencontre plus le problème d'aléa moral : il sait qui doit être sanctionné en cas de non conformité à la politique de réduction de la pollution mesurée à l'exutoire.

L'existence de ce mécanisme permet de se concentrer sur la gestion de la sélection adverse que l'hétérogénéité des émetteurs entraîne. Nous supposons que ces émetteurs n'ont pas la possibilité d'observer les pratiques des uns et des autres. La possibilité d'entrer dans le collectif pour bénéficier de conditions plus favorables qu'en dehors n'implique pas l'absence de

---

<sup>3</sup>Toutefois, on peut admettre l'existence d'agents à l'extérieur du collectif, qui se sont tournés vers d'autres activités, qu'elles soient non-polluantes ou contrôlables.

comportements déviants. Sans quelque forme d'engagement de chaque membre, le collectif ne peut donc être robuste à la déviation.

Une règle de partage de l'effort d'abattement peut assurer la robustesse désirée si l'instrument proposé est susceptible de différencier les membres du collectif en fonction de leur type. Comme nous le verrons, ceci implique que cet instrument de partage de l'effort amène chaque agent à révéler de manière authentique l'effort qu'il engage pour satisfaire la contrainte introduite par le régulateur.

Si les émissions des agents peuvent être contrôlées, un instrument efficace de répartition des efforts d'abattement qui assurerait la stabilité du collectif serait un marché de permis échangeables. Cet instrument de gestion décentralisée dispense le régulateur de rechercher l'information nécessaire pour caractériser le type de chacun, information qu'on sait coûteuse dans les contextes de pollutions diffuses. Le régulateur se contente d'établir une norme de pollution ambiante et de répartir le montant des émissions correspondantes entre les membres sous forme de permis en fonction d'un critère quelconque : même montant à chacun, proportionnel à la taille de l'exploitation, en fonction d'une référence historique, etc. Le critère d'allocation retenu n'affecte pas l'équilibre si ce marché est concurrentiel [?].

La possibilité d'un tel marché découle de l'hétérogénéité des agents. Une allocation gratuite des permis place les bénéficiaires dans des positions différentes, selon leur fonction de coût d'abattement créant un effet de richesse. En cas de faibles coûts d'abattement, le bénéficiaire peut tirer parti de la vente des permis qu'il détient en excès ce qui engendre un effet de richesse favorable aux agents les plus efficaces. L'effet de richesse découle de l'impossibilité de trouver une règle d'allocation qui assure d'emblée une répartition efficace des permis.

### 3.1 Marché de permis échangeables : Fonctionnement et effet de richesse

Assurer la stabilité du collectif suppose que les agents soient traités selon leur type. Cette condition nécessite un échange d'information entre les membres du collectif. Avec des agents hétérogènes d'après leur fonction de coût d'abattement, un marché de permis échangeables est un instrument décentralisé efficient qui assure cet échange d'information. Sous l'hypothèse que les émissions soient individuellement vérifiables, ce marché fixe le niveau d'utilisation individuel sous la contrainte de la norme de manière optimale. En procédant à cet échange, les agents alignent leur coût marginal d'abattement sur le prix des permis (cf. *figure 1*).

Supposons qu'un permis  $x$  corresponde à une unité de pollution ambiante  $Z$ . Nous considérons le montant de permis à allouer  $\bar{X}$  correspondant à la norme de pollution ambiante admissible  $\bar{Z}$  et  $\bar{x}_i$  une allocation telle que  $\sum_{i=1}^n \bar{x}_i = \bar{X}$ . La *figure 1* illustre comment les agents ajustent leur coût marginal d'abattement au prix du marché.

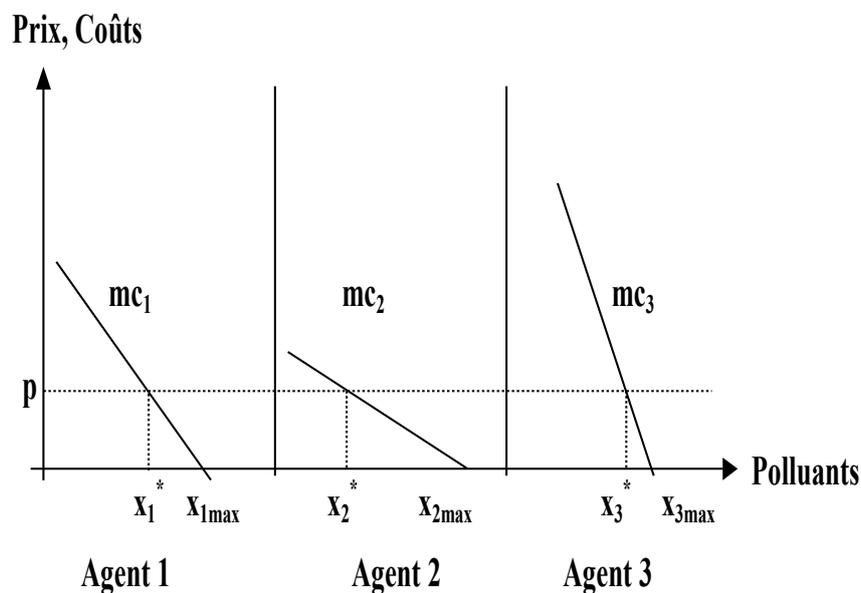


Figure 1: Ajustement des agents au prix des permis

$x_{i \max}$ : niveau d'émission sans politique de réduction,  
 $x_i^*$ : niveau d'émission lorsque le marché a été mis en oeuvre, à l'équilibre  
 $mc$ : coût marginal d'abattement,  
 $p$ : prix des permis.

A l'équilibre, le coût marginal d'abattement  $mc$  est égal au prix des permis  $p$ , pour chaque agent:

$$\forall i \in I, \quad mc_1 = \dots = mc_n = p$$

satisfaisant la contrainte globale :

$$\sum_{i=1}^n x_i^* = \bar{X}$$

Une allocation initiale gratuite des permis  $x_i$ , proportionnelle à une dimension de l'exploitation (volume d'intrants achetés, superficie, etc.) ou basée sur une répartition égalitaire, génère un effet de richesse, favorable au vendeur et défavorable à celui qui doit acquérir des permis sur le marché.

Comme on le verra dans la section suivante, cet effet de richesse pourra être mobilisé pour obtenir l'information manquante désirée.

### **3.2 Processus d'ajustement et convergence dans le cas de la pollution diffuse**

Afin d'assurer la stabilité du collectif, dans la mesure où ni le régulateur ni les agents ne possèdent une information complète sur chaque intervenant et dans la mesure où l'hétérogénéité des comportements et des technologies est reconnue, il va être nécessaire d'instaurer une règle telle que chaque agent perçoive que les efforts sont équitablement partagés. Comme les critères éthiques sont extrêmement dispersés, un critère d'efficacité, minimal du point de vue de la justice, semble assez naturel.

Dans la situation de pollution ponctuelle avec marché de permis vérifiables, un tel critère d'efficacité n'est autre que le prix d'équilibre du marché des permis échangeables. C'est un tel critère que nous chercherons aussi à

satisfaire. Nous commencerons donc par rappeler dans la sous-section ?? comment un mécanisme d'ajustement des quantités de permis à polluer alloués aux agents conduit à un prix de marché, satisfaisant le critère retenu. Cependant, cette approche suppose la congruence des objectifs des agents et du régulateur, congruence qu'on ne peut attendre dans le contexte informationnel qui caractérise la pollution diffuse. Nous faisons alors intervenir un mécanisme stabilisant, qui contraint les intervenants à préférer la solution de marché en respectant les caractéristiques individuelles des participants dans la sous-section ??.

### 3.2.1 Recherche du prix de marché

La recherche d'un prix de marché guidant chacun vers une mobilisation optimale de ses ressources résulte d'un mécanisme standard dès lors que les contraintes qui s'exercent sur les agents sont bien identifiées et clairement réparties entre eux. Dans notre situation, la contrainte résulte du nombre de permis à polluer alloués si, comme dans l'approche de Montgomery [?], polluants utilisés et permis à polluer peuvent être confondus. Il en est ainsi si l'usage peut être observé. Dans ce cas, échanger des permis équivaut à l'achat ou la vente de polluants et cette correspondance permet d'identifier le prix des permis qui s'établit sur le marché de permis échangeables et le coût marginal d'abattement.

Il est clair qu'en l'absence de cette condition de vérifiabilité, un marché de permis échangeables est une abstraction inconsistante pour les parties. Puisque je peux demander un minimum de permis et user des quantités qu'il me plaira, l'existence d'un marché de permis perd évidemment tout intérêt.

Supposons cependant que ce lien puisse se faire, quelle qu'en soit la cause. Le processus de coordination consistera en un dialogue entre le collectif (ou le régulateur représentant le collectif vu comme une entité abstraite : le "Centre") et chaque agent qui le compose.

Dans un premier temps, étape d'initialisation, le collectif demande à chacun d'annoncer le nombre de permis qu'il souhaite détenir. Appelons  $\hat{x}_i$  cette grandeur. En supposant l'utilisation des permis vérifiable, ce  $\hat{x}_i$  corre-

spondra à cette quantité de polluants actuellement utilisée, en l'absence de contrainte réglementaire environnementale. Autrement dit,  $\hat{x}_i$  est l'argument qui maximise la fonction d'utilité de l'agent, compte tenu de ses contraintes technologiques mais sans contrainte environnementale à respecter :

$$\forall i \in I, \quad \hat{x}_i = \arg \max_{x_i} \pi_i(x_i)$$

Il est clair, dans ces conditions que  $\frac{d\pi_i(x_i)}{dx_i} = mc_i = 0$  (cf. *figure 1*).  $mc_i$  étant le coût marginal spécifique à l'agent  $i$ .

En l'absence de contrainte, la somme des permis demandés excède la quantité correspondant à la norme promue par le régulateur,  $\bar{X}$  :

$$\sum_{i=1}^n \hat{x}_i > \bar{X}$$

Le régulateur intervient alors pour introduire la contrainte environnementale dans le calcul de l'agent. Il y procède en proposant un prix des permis à polluer,  $p$ . Puisque l'information est supposée complète, ces permis s'identifient aux usages. Chaque agent évalue alors sa demande compte tenu du prix proposé. Puisque le prix du permis s'interprète comme le coût marginal de pollution ou d'abattement, chaque agent peut calculer la demande correspondant à ce prix. On note que l'introduction d'une norme entraîne que les programmes des agents sont couplés par la contrainte  $\sum x_i = \bar{X}$  et qu'il se dégage alors un coût marginal commun à tous les agents. Sous ces conditions, la demande individuelle de permis s'établit à  $x_i^{(r)}$ , où  $(r)$  désigne le tour en cours du processus d'évaluation de la répartition des permis à polluer.

Le programme de chaque agent devient :

$$\forall i \in I, \quad x_i = \arg \max_{x_i} \pi_i(x_i)$$

Tel que :

$$mc_i^{(r)} = p^{(r)}$$

où  $mc_i^{(r)} = \frac{d\pi_i(x_i)}{dx_i}$

Dès que  $\sum_{i=1}^n x_i = \bar{X}$ , le régulateur cesse le processus, le prix est fixé au prix d'appel  $p = p^{(r)}$  et les permis sont alloués selon  $\bar{X} = [\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n]$ . Dans le cas contraire, le processus est relancé :

- $r = r + 1$
- - si  $\sum_{i=1}^n x_i < \bar{X}$ ,  $p^{(r+1)} = p^{(r)} + dp$   
- si  $\sum_{i=1}^n x_i > \bar{X}$ ,  $p^{(r+1)} = p^{(r)} - dp$
- où  $dp$  est un incrément (décrément). Au tour suivant ( $r + 1$ ), nous proposons la mise à jour des annonces de prix telle que :

$$p^{(r+1)} = p^{(r)} \frac{\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r)}}{\bar{X}}$$

où  $\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r)}$  est la quantité totale de permis demandée au tour  $r$  lorsque le prix annoncé est  $p^{(r)}$  et  $\bar{X}$  la quantité totale de permis que le régulateur cherche à atteindre.

Comme on l'observe à la *figure 2*, les tours successifs permettent de restreindre l'intervalle des prix et des demandes jusqu'à l'obtention de la quantité qui égalise la norme de pollution ambiante retenue. Cette contraction permet au régulateur d'approcher le prix d'équilibre associé au respect de cette norme.

Une fois le prix d'équilibre du marché trouvé, tel que  $\sum_{i=1}^n x_i = \bar{X}$ , chaque agent reçoit l'allocation à laquelle il s'est arrêté, soit  $\bar{x}_i$ .

### 3.2.2 Convergence du processus

Pour montrer la convergence du processus que nous venons d'introduire, nous démontrons d'abord le lemme suivant :

*Lemme:*

$$\begin{aligned} \text{Si } \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r+1)} > \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r)}, \text{ alors } \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r)} &= \min \left( \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(0:r+1)} \right); \\ \text{Si } \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r+1)} < \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r)}, \text{ alors } \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r)} &= \max \left( \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(0:r+1)} \right). \end{aligned}$$

Du premier tour, le régulateur apprend comment les propositions sont sensibles aux prix annoncés. Aussi, choisir un prix  $p^{(r+1)} < p^{(r)}$  implique une croissance de la demande et choisir un prix  $p^{(r+1)} > p^{(r)}$  implique une baisse de la demande.

D'après la *figure 2*, de l'étape d'initialisation, le régulateur connaît la demande maximale des agents :  $\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(0)}$ , et tant que la demande collective diffère de la norme, réduire (respectivement augmenter) le prix déplace la demande vers la droite (respectivement vers la gauche). Ainsi, au tour 1, comme  $\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(1)} > \bar{X}$  alors  $p^{(1)}$  est une borne inférieure de l'espace admissible des prix. Au tour 2, l'annonce par le régulateur d'un prix  $p^{(2)} > p^{(1)}$  engendre un sur-abattement collectif tel que  $\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(2)} < \bar{X}$ , alors  $p^{(2)}$  est une borne supérieure. Au tour 3, l'annonce par le régulateur d'un prix  $p^{(3)}$  tel que  $p^{(1)} < p^{(3)} < p^{(2)}$  implique  $\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(3)} > \bar{X}$ , alors  $p^{(3)}$  devient la nouvelle borne inférieure réactualisée. Ainsi, en offrant des prix qui guident la demande des agents, le régulateur contracte l'espace admissible des demandes jusqu'à ce que  $\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^{(r)} = \bar{X}$ .

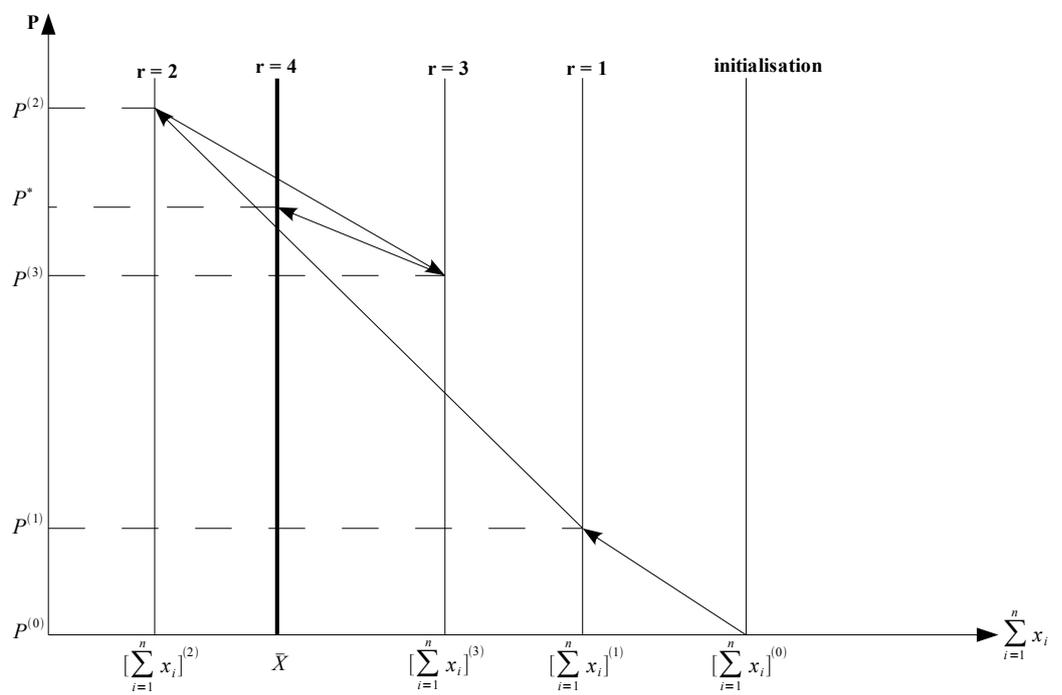


Figure 2: Un sentier de convergence

Nous établissons maintenant le théorème :

**Théorème:**

L'intervalle  $\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]_{max} - \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]_{min}$  est toujours décroissant, où les max et les min sont relatifs à la suite de 0 à  $r$ .

**Corollaire :** Comme un prix unique  $p$  ne peut simultanément représenter deux quantités de permis demandées, il existe un point d'accumulation de la suite,  $p^*$ , tel que :

$$\left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]_{max} = \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]_{min}$$

Notons que la convergence peut être très lente. Aussi, un  $\varepsilon$ -équilibre serait choisi.

Au tour final, le programme de l'agent s'établit comme suit :

$$\forall i \in I, \quad \max_{x_i} \pi_i(x_i)$$

tel que

$$mc_i = p^*$$

qui se lit aussi :

$$\frac{d\pi_i(x_i)}{dx_i} - p^* = 0$$

expression qui, étant donnée la contrainte, est solution du problème suivant :

$$\forall i \in I, \quad \max_{x_i} \pi_i(x_i) - p^* x_i$$

Poser le problème de cette manière permet d'enrichir son interprétation lorsque tous les participants, membres du collectif et régulateur, sont pris

en compte simultanément :

$$\forall i \in I, \quad \max_{x_i} \pi_i(x_i)$$

tel que

$$\left( \sum_{i=1}^n x_i - \bar{X} \right) = 0 \quad (\lambda)$$

où  $\lambda$  est le prix implicite de la contrainte.

A l'optimum  $\left( \sum_{i=1}^n x_i - \bar{X} = 0 \right)$ , chaque agent individuellement résout le lagrangien :

$$\forall i \in I, \quad L = \pi_i(x_i) - \lambda \left( x_i + \sum_{k \neq i}^n x_k - \bar{X} \right) = \pi_i(x_i) - \lambda(x_i)$$

Ainsi, au tour final, le programme individuel équivaut à la part individuelle du problème global du collectif quand  $p^{(r)} = p^* = \lambda$ , à la convergence. Ceci maintenant indique que lorsque le processus a convergé, le prix proposé est le prix qui assure une réallocation des permis cohérente avec la contrainte, lorsque les agents respectant la norme n'éprouvent plus le désir d'échanger des permis, *i.e.*, précisément le prix d'équilibre du marché de permis échangeables.

### 3.2.3 Mécanisme stabilisant

Dans la section précédente, il était supposé que les agents se comportaient de manière honnête à l'égard de l'allocation de permis. Cette supposition ne peut être tenue dans le cas d'un problème de pollution diffuse, où l'information n'est pas directement vérifiable. De ce fait, le mécanisme que nous avons décrit doit être complété pour répondre aux contraintes de la pollution diffuse. Le mécanisme recherché doit inclure une clause additionnelle qui assure que l'information nécessaire à la mise en oeuvre du processus d'allocation soit authentique. Ce que nous allons montrer maintenant est que, sous certaines conditions, le mécanisme décrit précédemment permet d'obtenir cette information véridique.

La difficulté que nous traitons dans cette section résulte de la perte d'utilité à laquelle les agents font face dans la situation contrainte : puisque l'utilité est concave en  $x$ , restreindre  $x$  revient à réduire l'utilité obtenue dans la situation présente. Cette perte est appelée coût d'abattement. On la mesure par la différence d'utilité induite par la restriction des polluants utilisés pour la produire, entre la situation présente non contrainte  $u_i(\hat{x})$  et la situation contrainte par une norme  $u_i(\bar{x})$  :

$$c_i = u_i(\hat{x}) - u_i(\bar{x})$$

Il existe de ce fait une incitation à frauder pour les agents, ce qui met en péril le mécanisme.

Un moyen trivial de contrecarrer ce comportement consiste à associer à la non satisfaction de la norme une pénalité individualisée qui capture le gain de la fraude. Conceptuellement, le mécanisme contrôlant les comportements déviants est la pénalité individuellement ajustée  $t_i^c$  :

$$t_i^c = c_i = u_i(\hat{x}) - u_i(\bar{x})$$

Cependant définir cette pénalité implique la connaissance des grandeurs  $\hat{x}$ ,  $\bar{x}$  et les paramètres des fonctions d'utilité. Ce que nous allons montrer est que sur la base du mécanisme d'allocation des permis décrit ci-dessus, le régulateur peut construire une pénalité individualisée qui assure partiellement l'observation de ces grandeurs.

En effet,  $\hat{x}$  est la demande initiale d'un agent et  $\bar{x}$  la demande optimale sous contrainte. La difficulté est de s'assurer que ces valeurs soient délivrées par l'agent de manière authentique.

Comme il a été mentionné plus haut, l'allocation gratuite de permis engendre un effet de richesse chez les parties, favorable si la quantité allouée excède le besoin dans la situation contrainte ou même dans la situation courante et défavorable si cette quantité ne couvre pas les besoins de l'exploitation.

Pour obtenir l'information souhaitée, le régulateur va réclamer le remboursement de cette allocation gratuite si le contrat que cette allocation crée *de facto* n'est pas respecté. Par rapport au mécanisme décrit ci-dessus, on introduira une allocation initiale  $x^0$  arbitraire stipulant les permis alloués *a priori*. Les échanges seront alors considérés relativement à cette allocation initiale et leur valeur sera prise en compte. Une pénalité pour le défaut de respect de la norme entraînera donc un coût pour l'agent de  $px^0 - px^e = p\bar{x}$  où  $x^0$  est l'allocation initiale de permis,  $x^e$  les permis échangés et  $x^*$  l'allocation optimale de permis. Autrement dit, cette composante de la pénalité sera calculée par rapport à l'allocation optimale, tenant compte implicitement des échanges, rémunérant les offres  $x^e > 0$  et faisant payer les demandes  $x^e < 0$  au prix du marché,  $p$ .

Montrer que cette procédure est si non optimale, suffisante pour contrôler l'effet informationnel, implique de montrer que sous ce mécanisme :

- (1) l'information sur  $\hat{x}$  et  $\bar{x}$  sera véridique et
- (2) l'absence d'information sur les paramètres des fonctions d'utilité en lien avec l'hétérogénéité des agents n'empêche pas d'obtenir une solution optimale.

Pour faciliter l'analyse, on introduit un terme correspondant à la quantité de polluant utilisée  $\check{x}$  à valeur dans  $[\bar{x}, \hat{x}]$ . Pour la borne supérieure, on note en effet que  $\hat{x}$  est uniquement connu par l'agent, celui-ci n'a aucune incitation à choisir une quantité utilisée de polluant  $\check{x}$  supérieure à  $\hat{x}$ , quantité qui maximise l'utilité. La borne inférieure,  $\bar{x}$ , étant purement déclarative, il est nécessaire de supposer que cette déclaration soit au plus égale à ce qui sera effectivement utilisé. A la vue du mécanisme de la section précédente,  $\check{x}$  ne saurait être inférieur à  $\bar{x}$  que pour rechercher un effet de richesse. On reviendra sur ce point quand le mécanisme complet sera construit.

Puisque  $\hat{x}$  est non observable et donc inapproprié pour entrer dans la définition d'une pénalité, on introduit un terme  $\underline{x}$  à déterminer qui s'y substituera.

L'expression de l'utilité avec fraude et pénalité s'écrit en 4 composantes :

$$[u_i(\bar{x})] + [u_i(\check{x}) - u_i(\bar{x})] - [u_i(\underline{x}) - u_i(\bar{x})] - [px^0]$$

Cette expression permet de confronter le gain espéré de la fraude et la pénalité encourue :

- $u_i(\bar{x})$  : l'utilité résultant de l'usage d'un montant d'émission correspondant aux permis alloués à l'issue de la procédure qui est la grandeur "légitime" lorsque la contrainte s'exerce sur les agents,
- $(u_i(\check{x}) - u_i(\bar{x}))$  : le gain de frauder en produisant avec  $\check{x}$  plutôt que la quantité allouée à l'issue de la procédure,
- $(u_i(\underline{x}) - u_i(\bar{x}))$  : la composante de la pénalité destinée à capturer le gain résultant de la fraude sur l'effort d'abattement,
- $px$  : la composante de la pénalité destinée à capturer le gain résultant de l'allocation initiale gratuite de permis,

la pénalité étant due en cas de non-respect de la norme de pollution ambiante  $\bar{Z}$ .

L'agent sera incité à frauder si les deux derniers termes n'annulent pas le gain de la fraude, si :

$$[u_i(\check{x}) - u_i(\bar{x})] > [u_i(\underline{x}) + u_i(\bar{x})] + [px^0]$$

Pour le vérifier, on suppose que la fonction d'utilité des agents est concave. On sait qu'une approximation d'une telle fonction est  $f(y) \leq f(y_0) + f'(y)|_{y_0}(y - y_0)$  avec  $f'(y)|_{y_0}$  l'évaluation de la dérivée en  $y_0$ . On utilise cette approximation des deux côtés et l'expression devient :

$$\left[ \frac{du_i}{d\bar{x}}(\check{x} - \bar{x}) \right] > \left[ \frac{du_i}{d\bar{x}}(\underline{x} - \bar{x}) \right] + [px^0]$$

Notant que l'évaluation des dérivées est faite en  $\bar{x}$ , ce qui permet de les assimiler à  $p$  (à l'équilibre le prix s'établit au coût marginal), l'expression devient :

$$p(\check{x} - \bar{x}) \geq p(\underline{x} - \bar{x}) + px^0$$

Nous pouvons maintenant proposer un élément observable pour lever l'imprécision

sur  $\underline{x}$  en prenant  $\underline{x} = x^0$ . L'expression se ramène alors à :

$$p\check{x} \geq 2px^0 \quad (1)$$

expression qui constitue le critère d'évaluation dont l'agent dispose pour décider de tricher en valorisant les émissions relativement au montant de la pénalité :

$$t_i^c = 2px_i^0$$

et finalement :

$$\check{x} \geq 2x^0$$

Sauf dans des situations de contraintes très fortes pour le régulateur qui conduiraient à choisir des allocations très faibles par rapport à l'objectif non contraint des agents, la clause de fraude a peu de chances d'être satisfaite. Avec cette dernière observation, on note que, pour le régulateur, l'allocation initiale si elle reste arbitraire, doit satisfaire pour chaque individu la condition que  $2x^0 \geq \check{x}$ , ou, en supposant la fraude maximale et en substituant  $\hat{x}$  à  $\check{x}$  :

$$2x^0 \geq \hat{x}$$

On aura noté que  $\bar{x}$  peut être plus grand que  $x^0$ . Il en résulte une interprétation plus précise du mécanisme : pour les agents qui, du fait de la règle d'allocation initiale de permis, se retrouvent acheteurs, la pénalité fonctionne comme une subvention. On a en effet dans ce cas :

$$(u_i(\check{x}) - u_i(\bar{x})) - (u_i(\underline{x}) - u_i(\bar{x})) \geq px^0$$

expression où les composantes  $(u_i(\check{x}) - u_i(\bar{x}))$  et  $-(u_i(\underline{x}) - u_i(\bar{x}))$  sont toute deux positives.

Il s'agit d'une dimension essentielle du mécanisme puisqu'elle place les agents qui n'obtiennent pas de l'allocation initiale tous les permis qu'ils pourraient souhaiter, dans la position de bénéficiaires du mécanisme. Celui-

ci agit pour eux comme une subvention, les incitant à acquérir les permis dont ils ont besoin. Quant à ceux qui détiennent en excès de tels permis, leur pénalité en est d'autant alourdie sous l'effet simultané de la vente de leurs permis en excès et de l'obligation d'acquitter les permis dont ils ont arbitrairement hérité.

## 4 Conclusion

Les approches basées sur les performances de groupe ont connu un intérêt croissant dans la littérature relative à la gestion des pollutions diffuses ([?] ; [?] et [?]). Ces approches allouent des droits de propriétés, ici des permis d'émission de polluants, bien définis et vérifiables à une personne morale substituée aux agents nombreux d'un espace déterminé. Ceci délivre le régulateur de l'aléa moral induit par l'inobservabilité des efforts de chacun en ramenant la situation au cadre bien compris de la pollution ponctuelle. L'originalité de notre démarche commence à ce point, lorsque la question de la coordination des actions des membres du collectif n'est plus assurée. L'acceptation de cette coordination se pose dès lors que les membres du collectif sont mutuellement responsables des performances du groupe. Soit l'effort, soit la pénalité sera partagée entre eux. Une étape supplémentaire doit donc être satisfaite, qui alloue ces efforts ou ces pénalités entre les membres d'une manière acceptable par chacun.

Lorsque les agents sont hétérogènes, résoudre cette question est crucial parce que l'adoption d'une règle d'allocation particulière influence l'acceptation du mécanisme par les agents.

Comme l'acceptation de ce mécanisme affecte la stabilité du collectif, il est nécessaire de supposer que ce mécanisme reflètera la contribution de chaque membre à la conformité des actions du groupe avec la norme de pollution socialement définie. Autrement dit, ce mécanisme sera basé sur les caractéristiques individuelles des membres du collectif. Ceci supposera d'utiliser au mieux les informations disponibles sur chacun puisque pour l'essentiel les actions de chacun ne sont pas observables.

Le schéma incitatif qui stabilise le collectif repose alors sur une procédure

itérative où l'animateur du collectif (possiblement le régulateur), après avoir alloué de manière arbitraire un montant de permis à chaque membre, propose un prix d'achat ou de vente des permis détenus en excès ou nécessaires. Des offres et des demandes sont alors émises et, tant qu'elles ne peuvent être satisfaites (parce que le montant des permis s'écarte trop du montant désiré reflétant la pollution socialement acceptée), cette procédure se répète.

Comme on ne peut garantir l'absence de fraude de la part des membres, une pénalité est introduite qui permet (i) de compenser les tentatives de fraude (l'usage de polluants sans rapport avec les permis d'émission détenus), (ii) de punir le non-respect de l'engagement pris de participer au collectif dans le but d'éviter la pénalité ambiante qu'encourent les non-membres.

Le dessin de la pénalité avantage ceux qui achètent des permis (pour se conformer à leur usage de polluants) et désavantage ceux qui vendent, rendant crédible l'élaboration d'un prix de marché et restaurant le lien entre permis et usage, lien nécessaire comme on le voit de l'analyse des marchés de permis dans le cadre des pollutions ponctuelles.

Ainsi, à travers l'usage d'une taxe basée sur la performance du groupe induisant les agents à joindre un collectif et associé à un processus de coordination organisé autour de l'allocation initiale des permis échangeables, notre mécanisme permet de gérer un double problème informationnel d'aléa moral et de sélection adverse dans un contexte de pollution diffuse, c'est à dire en l'absence de droits vérifiables.

## References

- [1] Cabe, R., Herriges, J. A. [1992], "The Regulation of Non-Point Sources of Pollution Under Imperfect and Asymmetric Information", *Journal of Environmental Economics and Management*, 22:134-146.
- [2] Meran, G. and Schwalbe, U. [1987], "Pollution Control and Collective Penalties", *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 143:616-629.

- [3] Montgomery, W.D. [1972], "Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Programs", *Journal of Economic Theory*, 5 (3):395-418.
- [4] Segerson, K. [1988], "Uncertainty and Incentives for Nonpoint Pollution Control", *Journal of Environmental Economics and Management*, 15:87-98.
- [5] Tietenberg, T. H., [1995] "Transferable Discharge Permits and Global Warming", dans Bromley, D. W. (Ed). *The Handbook of Environmental Economics*. Malden (USA), 317-352.
- [6] Xepapadeas, A.P. [1991], "Environmental Policy under Imperfect Information: Incentives and Moral Hazard", *Journal of Environmental Economics and Management*, 20:113-126.

## Documents de Recherche parus en 2009<sup>1</sup>

- DR n°2009 - 01 : Cécile BAZART and Michael PICKHARDT  
« Fighting Income Tax Evasion with Positive Rewards:  
Experimental Evidence »
- DR n°2009 - 02 : Brice MAGDALOU, Dimitri DUBOIS, Phu NGUYEN-VAN  
« Risk and Inequality Aversion in Social Dilemmas »
- DR n°2009 - 03 : Alain JEAN-MARIE, Mabel TIDBALL, Michel MOREAUX, Katrin  
ERDLENBRUCH  
« The Renewable Resource Management Nexus : Impulse versus  
Continuous Harvesting Policies »
- DR n°2009 - 04 : Mélanie HEUGUES  
« International Environmental Cooperation : A New Eye on the  
Greenhouse Gases Emissions' Control »
- DR n°2009 - 05 : Edmond BARANES, François MIRABEL, Jean-Christophe POUDOU  
« Collusion Sustainability with Multimarket Contacts : revisiting  
HHI tests »
- DR n°2009 - 06 : Raymond BRUMMELHUIS, Jules SADEFO-KAMDEM  
« Var for Quadratic Portfolio's with Generalized  
Laplace Distributed Returns »
- DR n°2009 - 07 : Graciela CHICHILNISKY  
« Avoiding Extinction: Equal Treatment of the Present and the  
Future »
- DR n°2009 - 08 : Sandra SAÏD and Sophie. THOYER  
« What shapes farmers' attitudes towards agri-environmental  
payments : A case study in Lozere »
- DR n°2009 - 09 : Charles FIGUIERES, Marc WILLINGER and David MASCLÉ  
« Weak moral motivation leads to the decline of voluntary  
contributions »

---

<sup>1</sup> La liste intégrale des Documents de Travail du LAMETA parus depuis 1997 est disponible sur le site internet : <http://www.lameta.univ-montp1.fr>

- DR n°2009 - 10 : Darine GHANEM, Claude BISMUT  
« The Choice of Exchange Rate Regimes in Middle Eastern and North African Countries: An Empirical Analysis »
- DR n°2009 - 11 : Julie BEUGNOT, Mabel TIDBALL  
« A Multiple Equilibria Model with Intrafirm Bargaining and Matching Frictions »
- DR n°2009 - 12 : Jonathan MAURICE, Agathe ROUAIX, Marc WILLINGER  
« Income Redistribution and Public Good Provision: an Experiment »
- DR n°2009 - 13 : Graciela CHICHILNISKY, Peter EISENBERGER  
« Asteroids : Assessing Catastrophic Risks »
- DR n°2009 - 14 : Ngo VAN LONG, Antoine SOUBEYRAN, Raphael SOUBEYRAN  
« Joint Venture Breakup and the Exploration-Exploitation Trade-off »
- DR n°2009 - 15 : Geoffroy ENJOLRAS, Robert KAST, Patrick SENTIS  
« Diversification in Area-Yield Crop Insurance  
The Multi Linear Additive Model »
- DR n°2009 - 16 : Mélanie JAECK, Robert LIFRAN  
« Preferences, Norms and Constraints in farmers agro-ecological choices. Case study using choice experiments survey in the Rhone River Delta, France »
- DR n°2009 - 17 : Nicola GALLAI, Jean-Michel SALLES, Charles FIGUIERES, Bernard E. VAISSIERE  
« Economic assessment of an insect pollinator decline: A general equilibrium analysis »
- DR n°2009 - 18 : Raphaële PRÉGET, Sophie THOYER.  
« Multi-Unit Auctions and Competition Structure »
- DR n°2009 - 19 : M.A BCHIR, Marc WILLINGER  
« Do clubs foster provision success? »
- DR n°2009 - 20 : Jacek B. KRAWCZYK, Mabel TIDBALL  
« How to use Rosen's normalised equilibrium to enforce a socially desirable Pareto efficient solution »
- DR n°2009 - 21 : Mourad ALI, Patrick RIO  
« Tradable Permits under Threat to Manage Nonpoint Source Pollution »

DR n°2009 - 22 : Mourad ALI, Patrick RIO  
« Deterrence vs. Efficiency To Regulate Nonpoint Source  
Pollution »

DR n°2009 - 23 : Mourad ALI, Patrick RIO  
« Allocation de permis à polluer en asymétrie d'information »

**Contact :**

Stéphane MUSSARD : [mussard@lameta.univ-montp1.fr](mailto:mussard@lameta.univ-montp1.fr)

