# L'ouverture aux échanges est-elle bénéfique ? Analyse en présence d'une régulation environnementale incitative*

Yolande Hiriart†

17th October 2009

**Abstract**

Dans un cadre d'équilibre général à la Heckscher-Ohlin, nous étudions une petite économie ouverte avec trois facteurs de production non mobiles (le capital, le travail et une ressource naturelle), un bien intermédiaire et deux biens finaux. La ressource naturelle sert d'input au secteur intermédiaire. Ce secteur est protégé de la concurrence internationale et régulé à cause de la pollution locale induite par son activité. Les secteurs producteurs de biens finaux (un secteur industriel intensif en capital, un secteur agricole intensif en travail) sont compétitifs et ouverts à la concurrence internationale. Nous caractérisons la régulation optimale du secteur intermédiaire en information parfaite à l'équilibre de cette économie. En adoptant une perspective d'optimum social, nous montrons que l'ouverture aux échanges augmente le bien-être. Nous montrons ensuite que ce résultat standard n'est plus valide en présence d'une asymétrie d'information qui contraint la régulation du secteur intermédiaire.

**Mots-clefs.** Régulation, externalité environnementale, commerce international, asymétrie d'information.

**Classification JEL.** L51, F18.

*Je remercie Marie-Françoise Calmette et Philippe Bontems pour m'avoir invitée à participer à ce numéro spécial de la Revue Économique, ainsi qu'un rapporteur anonyme dont les commentaires ont contribué à améliorer la présentation de cet article de manière significative. Je remercie aussi David Martimort pour les discussions fructueuses sur le sujet, ainsi que les participants au Congrès de l'AFSE 2009. Cet article bénéficie du soutien de l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR) dans le cadre d'un projet sur la *Régulation environnementale et les imperfections de marché*. Je reste néanmoins seule responsable pour les erreurs et omissions éventuelles.

†Toulouse School of Economics (IDEI-LERNA). Adresse : IDEI-LERNA, Manufacture des Tabacs, Aile Jean-Jacques Laffont, 21 Allée de Brienne, 31000 Toulouse, France.

*"Avant, les événements qui se déroulaient dans le monde n'étaient pas liés entre eux. Depuis, ils sont tous dépendants les uns des autres."* Polybe, $II^{\text{ième}}$ siècle avant J.C.

# 1 Introduction

Sur aucun sujet le désaccord entre avocats et opposants à la mondialisation n'est aussi vif que dans le débat sur la relation entre mondialisation et environnement. Pendant les quinze dernières années, les environnementalistes et les internationalistes ont opposé leurs arguments sur les conséquences environnementales d'un commerce libéralisé. Leur discussion a été alimentée par les négociations sur l'Accord de Libre Échange Nord-Américain et les négociations de l'Uruguay Round propres au GATT, les deux se déroulant à un moment où montaient les préoccupations sur les changements climatiques, la perte de biodiversité et la pollution industrielle. Le débat s'est ensuite intensifié avec la création de l'Organisation Mondiale du Commerce et les propositions de négociations sur les barrières aux échanges.

De manière parallèle à ces négociations, le lien entre commerce et environnement a fait l'objet d'une littérature très active.[1] Les termes du débat sont les suivants. Les environnementalistes craignent essentiellement que la libéralisation des échanges et la suppression des barrières à l'entrée ne conduisent à un relâchement supplémentaire des normes environnementales, chaque pays étant tenté d'appliquer des politiques environnementales plus laxistes afin d'améliorer la compétitivité des industries nationales sur les marchés internationaux. Mais, d'un autre côté, l'ouverture aux échanges augmente les possibilités de production et de consommation. Si l'environnement est un bien "normal", alors sa consommation devrait augmenter, ce qui devrait promouvoir des politiques favorables à l'environnement. Les internationalistes quant à eux voient souvent les politiques environnementales comme un instrument de restriction des échanges ou, parfois, comme un moyen d'affecter les termes de l'échange.

Nous souhaitons dans cet article apporter une contribution théorique à la littérature économique dont l'objet est de comprendre cette relation entre mondialisation et environnement. Nous nous proposons de modéliser une petite économie affectée par un problème de pollution locale et d'évaluer les effets du passage de l'autarcie au libre-échange en termes de bien-être. L'analyse est étendue au cas où l'existence d'une asymétrie d'information empêche une politique de régulation nationale de premier rang.

**Motivation.** Pour mesurer pleinement les effets d'une ouverture au libre-échange, nous souhaitons conduire notre analyse dans un cadre d'équilibre général. Pour fournir une motivation à notre analyse, procédons à un rapide survol des travaux existants. En l'absence d'une quelconque externalité environnementale, les effets de l'ouverture aux échanges sont bien connus dans le cadre d'un modèle d'équilibre général à la Heckscher-Ohlin $2 \times 2 \times 2$ (deux pays, deux facteurs de production, deux biens finaux) où l'ensemble des marchés sont concurrentiels: le passage de l'autarcie au libre-échange est bénéfique pour une économie. Toujours dans un cadre d'équilibre général, les effets du passage au libre-échange ont été

[1] Cette recherche foisonnante s'est traduite par l'introduction d'un code JEL séparé pour ce champ (F18).

analysés en présence d'une externalité environnementale : Copeland et Taylor (2003) montrent de manière systématique dans leur ouvrage que cette ouverture peut être bénéfique pour l'environnement et que la production aura tendance à se localiser dans les pays où la technologie est la moins polluante. Nous savons en revanche bien peu de choses des effets du passage au libre-échange en équilibre général lorsque l'économie est affectée par des imperfections de marché supplémentaires, par exemple lorsque la politique environnementale est définie dans un contexte d'information asymétrique. C'est précisément ce que nous nous proposons d'analyser dans cet article.

Par rapport au cadre d'analyse traditionnel de Heckscher-Ohlin, nous introduisons donc essentiellement deux éléments : d'une part, une ressource naturelle qui, lors de sa transformation par les firmes du secteur intermédiaire, est la source d'une externalité environnementale ; d'autre part, une asymétrie d'information entre le gouvernement et les firmes régulées du secteur intermédiaire. Ce modèle enrichi nous permet d'étudier le passage au libre-échange d'une petite économie dans laquelle coexistent i) des firmes en concurrence parfaite sur le marché national, polluantes et régulées ; ii) des firmes en concurrence parfaite sur les marchés internationaux, non régulées. L'interaction entre ces différentes firmes provient du fait que les premières fournissent un input essentiel à l'activité productive des secondes. La spécialisation de notre petite économie ouverte peut donc être affectée par la régulation du secteur abrité et, inversement, la régulation optimale de ce secteur doit tenir compte de la spécialisation du pays lors de l'ouverture aux échanges.

Nous tentons dans cet article de comprendre ces interactions en restreignant notre analyse au cas d'une petite économie ouverte. Nous montrons que l'ouverture aux échanges est bénéfique pour cette petite économie lorsque la régulation nationale du secteur abrité (à la fois polluant et essentiel dans notre cadre) est efficace, mais que cette ouverture peut être néfaste lorsque la régulation nationale est inefficace.

**Survol du modèle.** Dans un cadre d'équilibre général, nous étudions une petite économie ouverte avec trois facteurs de production non mobiles internationalement (le capital, le travail et une ressource naturelle), un bien intermédiaire (non mobile) ainsi que deux biens finaux échangés de manière concurrentielle sur les marchés internationaux.

Le secteur intermédiaire se compose d'une population de firmes en concurrence parfaite à l'intérieur des frontières nationales. L'unique input de ce secteur est la ressource naturelle. Ces firmes transforment la ressource en un bien intermédiaire indispensable aux secteurs finaux : ce bien intermédiaire est un input distribué localement. Dans le domaine de l'énergie, par exemple, une centrale thermique transforme du charbon (la ressource naturelle) en électricité (le bien intermédiaire). Le bien intermédiaire ne fait pas l'objet d'échanges internationaux, même lorsque l'économie passe au libre-échange. Les firmes de ce secteur sont hétérogènes et nous supposons qu'il existe deux types de firmes se distinguant par leur efficacité. Leur coût marginal de production est une information privée. Le gouvernement ne connaît que la distribution des types. L'activité de ce secteur intermédiaire entraîne une pollution qui réduit le bien-être du consommateur représentatif national (la pollution a une composante locale). Ces firmes sont régulées au niveau national pour corriger cette externalité de pollution.

Les secteurs producteurs de biens finaux (un secteur industriel intensif en capital, un secteur agricole intensif en travail) sont compétitifs et ouverts à la concurrence internationale. Ces secteurs ne font l'objet d'aucune régulation par les autorités nationales. Ainsi coexistent dans cette petite économie un secteur abrité de la concurrence internationale et régulé, et deux secteurs soumis à la concurrence internationale et non régulés.

Le bien agricole sert de numéraire. Le consommateur représentatif possède l'ensemble des facteurs de production et perçoit donc l'ensemble des revenus associés à ces facteurs. Ses préférences sont quasi-linéaires par rapport à la consommation de bien industriel et de bien agricole. Il subit en outre une nuisance associée à la pollution et cette désutilité est séparable par rapport à l'utilité retirée de la consommation.

Dans une première étape, nous caractérisons la régulation optimale du secteur intermédiaire en information asymétrique à l'équilibre de cette économie. Dans un second temps, nous nous plaçons à l'optimum. Cette perspective plus normative nous permet de montrer qu'en information parfaite, l'ouverture de cette petite économie aux échanges augmente le bien-être. Nous montrons cependant que ce résultat n'est plus valide en présence d'une information asymétrique qui contraint la régulation optimale du secteur intermédiaire. L'existence d'inefficacités au niveau national est donc importante pour évaluer les effets du passage au libre-échange, ce qui confirme un argument avancé par Bhagwati (1971).

**Travaux proches.** Dans les années 1990, un certain nombre d'auteurs ont analysé la politique environnementale dans un cadre de commerce international et dans une perspective d'équilibre partiel. Les travaux de Barrett (1994), Conrad (1993), Kennedy (1994), Ulph (1996), Ulph et Ulph (1995)[2] ont ainsi étendu le modèle de *rent-shifting* de Brander et Spencer (1985) pour étudier la politique environnementale *stratégique*. Ces articles ont en commun d'analyser la politique environnementale optimale dans un contexte de concurrence imparfaite entre les firmes sur le marché des biens au niveau international, et ceci dans un cadre d'information parfaite. Ludema et Wooton (1997), Nannerup (1998) et Ulph (2000) ont élargi le cadre familier de la politique environnementale stratégique pour analyser les effets de l'asymétrie d'information sur la détermination de la politique environnementale optimale.[3] Calmette (2000) a étendu le modèle de Brainard et Martimort (1997) de régulation incitative dans un contexte de commerce international en y introduisant une externalité environnementale et en étudiant l'influence des groupes de pression. À la différence de l'analyse présente, tous ces travaux ont été développés dans un cadre d'équilibre partiel.

Copeland et Taylor (2003) ont étudié la relation entre échanges et environnement dans un cadre d'équilibre général. Notre analyse se démarque de deux façons de leur modèle. Nous distinguons tout d'abord deux grands secteurs dans notre économie du point de vue de leur exposition à la concurrence internationale. Le premier distribue localement un bien et reste abrité de cette concurrence. Cela tient à la nature de ce bien, qui est à la fois indispensable à l'activité productive du reste de l'économie et qui nécessite une

[2] Cette liste est indicative et non exhaustive. Voir Hiriart (2004) pour une description plus complète de ces travaux en information parfaite.

[3] Voir Hiriart (2009) pour une plus ample description de cette littérature en information imparfaite.

infrastructure pour sa distribution par exemple. Le second grand secteur de l'économie est soumis à la concurrence internationale : il se compose de l'industrie manufacturière et de l'agriculture. Les biens produits par ces deux industries sont offerts de manière concurrentielle sur les marchés internationaux. La seconde différence tient au contexte dans lequel le gouvernement local définit sa politique environnementale : nous déterminons cette dernière dans un cadre d'information asymétrique entre le gouvernement et les firmes concernées, alors que l'analyse de Copeland et Taylor est menée en information parfaite.[4]

L'article le plus proche est finalement celui de Martimort et Verdier (2009). Cet article (MV désormais) est le premier à proposer et résoudre un modèle de commerce international dans une perspective d'équilibre général à la Heckscher-Ohlin avec une régulation incitative d'un secteur en concurrence imparfaite. Les principales différences entre MV et notre article résident surtout dans l'introduction de l'externalité environnementale affectant le bien-être du consommateur représentatif dans notre article, et résident aussi dans le choix des préférences appliquées au même consommateur représentatif (ces préférences sont de type CES entre bien manufacturiers et biens agricoles chez MV alors que nous utilisons des préférences quasi-linéaires). De plus, nous restreignons l'analyse à deux types de firmes pour le secteur régulé au lieu d'un continuum de types chez MV. Enfin, nous considérons un secteur intermédiaire en concurrence parfaite (le bien intermédiaire est homogène), alors que chacune des firmes régulées est en position de monopole chez MV (le bien intermédiaire est différencié).

La Section 2 présente notre modèle théorique. Nous caractérisons dans la Section 3 la régulation optimale du secteur intermédiaire en présence d'une information asymétrique lorsque le reste de l'économie fonctionne d'une manière concurrentielle. Dans la Section 4, l'optimum nous permet d'obtenir un premier résultat sur le passage au libre-échange en information parfaite. L'introduction d'une information asymétrique en libre-échange fait l'objet de la Section 5. La Section 6 conclut brièvement. Les preuves sont reportées en Annexe.

# 2 Le modèle

Considérons une économie avec deux biens finaux : un bien manufacturier désigné par $m$ et un bien agricole désigné par $a$. Le bien agricole sert de numéraire de telle sorte que $p_a = 1$. Il existe trois facteurs de production : du capital en quantité donnée $\bar{K}$, du travail en quantité donnée $\bar{L}$, et une ressource naturelle en quantité donnée $\bar{E}$. Soient $r$ le prix du capital, $w$ le salaire, et $p_e$ le prix de la ressource. Il existe également un bien intermédiaire dont le volume est désigné par $x$ et le prix unitaire par $p_x$.

**Les secteurs producteurs de biens finaux.** Soient $Y_m$ et $Y_a$ les volumes de production de biens manufacturiers et de biens agricoles respectivement. Ces deux secteurs utilisent le bien intermédiaire comme input. Par ailleurs, le secteur manufacturier utilise du capital en quantité $K$ (le bien manufacturier est intensif en facteur capital), et le secteur agricole

[4] D'autres travaux ont été conduits dans un cadre d'équilibre général. Voir Sturm (2003) pour un survey sur la relation entre commerce et environnement.

utilise du travail en quantité $L$ (le bien agricole est intensif en facteur travail).[5] Nous supposons, comme MV (2009), que le bien intermédiaire entre de manière symétrique dans la production des deux biens finaux, et que les fonctions de production sont de type Cobb-Douglas :

$$Y_m = x_m^{\beta} K^{1-\beta} \text{ et } Y_a = x_a^{\beta} L^{1-\beta},$$

avec $0 < \beta < 1$, et $x_m$ (resp. $x_a$) la quantité de bien intermédiaire utilisée par le secteur $m$ (resp. $a$).

Le secteur des biens finaux n'est pas régulé dans cette économie. Ces deux secteurs producteurs de biens finaux se comportent de manière concurrentielle : ils choisissent les quantités d'inputs qui maximisent leur profit. Les prix $p_m$ et $p_a$ équilibrent les marchés des biens manufacturiers et agricoles une fois que le secteur des biens intermédiaires a été régulé. Nous considérons donc une régulation partielle de l'économie : le régulateur ne contrôle que le secteur intermédiaire pour corriger l'externalité environnementale dont il est la source. Ceci peut être fait en fixant les volumes $x_m$ et $x_a$ de biens intermédiaires produits pour servir d'input aux secteurs manufacturier et agricole, ainsi que les transferts $t_m$ et $t_a$ correspondants payés par le consommateur représentatif.

Le secteur manufacturier détermine les quantités de bien intermédiaire et de capital qui maximisent son profit $\pi_m$, en considérant les prix $r$, $p_x$ et $p_m$ comme donnés. De manière similaire, le secteur agricole détermine les quantités de bien intermédiaire et de travail qui maximisent son profit $\pi_a$, en considérant comme donnés les prix $w$ et $p_x$, ainsi que le prix $p_a = 1$ du bien produit.

**Le consommateur représentatif.** Les préférences du consommateur représentatif sont représentées à l'aide d'une fonction d'utilité quasi-linéaire :

$$U(C_m, C_a) = \alpha ln(C_m) + C_a, \quad \alpha < 1,$$

où $C_m$ et $C_a$ sont respectivement les niveaux de consommation de biens manufacturiers et agricoles. Le consommateur représentatif possède l'ensemble des facteurs de production de cette économie. En désignant par $R$ son revenu et par $t$ le prélèvement opéré par l'État, la contrainte budgétaire du consommateur représentatif s'écrit $p_m C_m + C_a + t \leq R$. Le consommateur subit une nuisance $N(x)$ liée à la pollution émise par l'activité industrielle des firmes du secteur intermédiaire, avec $N'(x) > 0$ et $N''(x) \geq 0$.[6]

Le programme du consommateur représentatif peut donc s'écrire :

$$\max_{\{C_m, C_a\}} \mathcal{U}(C_m, C_a, x) = U(C_m, C_a) - N(x) = \alpha ln(C_m) + C_a - N(x),$$

$$\text{s.c. } p_m C_m + C_a + t \leq R,$$

où la production $x$ est donnée pour le consommateur. En saturant la contrainte budgétaire

[5] Les volumes de travail $L$ et de capital $K$ ne sont pas indicés par $m$ et $a$ car l'industrie et l'agriculture sont les seuls secteurs productifs utilisant respectivement du facteur capital ou du facteur travail dans cette économie.

[6] Lünenbürger et Rauscher (2003) montrent l'importance d'une politique destinée à corriger la pollution issue de l'utilisation des biens primaires.

et en remplaçant $C_a$ dans la fonction objectif par $R - t - p_m C_m$, le programme du consommateur peut être réécrit :

$$\max_{\{C_m\}} \quad \alpha ln(C_m) + R - t - p_m C_m - N(x).$$

**Le secteur intermédiaire.** Produire $x$ unités de bien intermédiaire nécessite $\theta x$ unités de ressource naturelle. Ce secteur est concurrentiel. Supposons qu'il existe deux types de firmes, dont l'offre est régulée (pour des prix $w$, $r$, $p_m$ et $p_e$ donnés, car issus de l'équilibre des marchés correspondants). Une fraction $\nu$ de ces firmes sont efficaces et dans ce cas $\theta = \underline{\theta}$ ; une fraction $1 - \nu$ de ces firmes sont inefficaces et dans ce cas $\theta = \overline{\theta}$. Notons $\Delta\theta = \overline{\theta} - \underline{\theta} > 0$.

Chaque firme du secteur intermédiaire reçoit un transfert $t$ du consommateur représentatif pour la production de $x$ unités de bien intermédiaire. Ce transfert n'est pas forcément linéaire par rapport au volume de production et nous n'imposons aucune restriction sur son signe : le transfert peut être une taxe. Chaque firme reçoit en plus un revenu $p_x x$ tiré de la vente sur le marché de $x = x_m + x_a$ unités de bien intermédiaire aux firmes productrices de biens manufacturiers et agricoles respectivement, au prix unitaire $p_x$ d'équilibre de ce marché. Le profit de chaque firme du secteur intermédiaire s'écrit donc :

$$V = p_x x + t - p_e \theta x.$$

En prenant les prix $w$, $r$, $p_m$ et $p_e$ comme donnés, nous déterminons maintenant la courbe d'offre du secteur intermédiaire régulé.

# 3 La régulation optimale dans un contexte d'équilibre concurrentiel

Conformément aux travaux sur la régulation, nous supposons que l'agence de régulation ne s'intéresse qu'au bien-être du consommateur représentatif. Cette agence doit déterminer le transfert $t$ et la quantité $x$ pour chaque type de firme. En désignant par $\underline{t}$ et $\underline{x}$ (respectivement $\overline{t}$ et $\overline{x}$) le transfert et le volume de production d'une firme efficace (resp. inefficace), l'agence offre à chaque firme du secteur intermédiaire un menu de contrats $\{(\underline{\theta}, \underline{t}, \underline{x}); (\overline{\theta}, \overline{t}, \overline{x})\}$ contingents à l'annonce $\hat{\theta} \in \{\underline{\theta}, \overline{\theta}\}$ faite par la firme sur son type.

L'agence détermine le menu de contrats qui maximise l'utilité du consommateur représentatif sous la contrainte que i) chaque type de firme participe et ii) adopte le contrat qui lui est destiné. Comme il est habituel dans ce type de problème,[7] la contrainte de participation des firmes efficaces et la contrainte incitative des firmes inefficaces peuvent être négligées au moment de caractériser la solution.[8]

L'agence doit donc retenir la contrainte de participation ($\overline{CP}$) des firmes de type $\overline{\theta}$ et la contrainte incitative ($\underline{CI}$) des firmes de type $\underline{\theta}$ lorsqu'elle caractérise le menu optimal de contrats offert à chaque firme. En tenant compte de l'hétérogénéïté des firmes, son

[7] Voir Laffont et Martimort (2002).

[8] On vérifie *ex post* que ces contraintes sont bien satisfaites par la solution obtenue.

programme s'écrit :[9]

$$\max_{\{\underline{t},\underline{x},\overline{t},\overline{x}\}} \quad \alpha ln(C_m) + R - p_m C_m \quad - \quad \nu(\underline{t} + N(\underline{x})) - (1-\nu)(\overline{t} + N(\overline{x})),$$

$$\begin{aligned} \text{s.c. } \overline{V} &= p_x\overline{x} + \overline{t} - p_e\overline{\theta}\overline{x} \geq 0, & (\overline{CP}) \\ \underline{V} &= p_x\underline{x} + \underline{t} - p_e\underline{\theta}\underline{x} \geq p_x\overline{x} + \overline{t} - p_e\underline{\theta}\overline{x}, & (\underline{CI}) \end{aligned}$$

où $\underline{V}$ (resp. $\overline{V}$) désigne le profit d'une firme efficace (resp. inefficace). Ce programme peut être réécrit :

$$\max_{\{\underline{V},\underline{x},\overline{V},\overline{x}\}} \alpha ln(C_m) + R - p_m C_m - \nu(\underline{V} + p_e\underline{\theta}\underline{x} - p_x\underline{x} + N(\underline{x})) - (1-\nu)(\overline{V} + p_e\overline{\theta}\overline{x} - p_x\overline{x} + N(\overline{x})),$$

$$\begin{aligned} \text{s.c. } \overline{V} &\geq 0, & (\overline{CP}) \\ \underline{V} &\geq \overline{V} + p_e\Delta\theta\overline{x}. & (\underline{CI}) \end{aligned}$$

Lorsqu'une firme efficace triche sur son type et se fait passer pour une firme inefficace auprès de l'agence de régulation afin d'obtenir le contrat $(\overline{\theta}, \overline{t}, \overline{x})$ alors que son type est $\underline{\theta}$, elle obtient une rente dite *informationnelle* égale à $p_e\Delta\theta\overline{x}$. La contrainte $(\underline{CI})$ exprime donc simplement le fait que pour amener cette firme à déclarer son véritable type à l'agence de régulation, il faut qu'elle obtienne un gain $\underline{V}$ au moins égal à $\overline{V} + p_e\Delta\theta\overline{x}$. Notons que cette rente est égale à la différence dans le coût de production de $\overline{x}$ unités de bien intermédiaire lorsque cette production est assurée par une firme inefficace plutôt que par une firme efficace, sachant que le seul input est la ressource naturelle. En effet, lorsqu'une firme efficace se fait passer pour une firme inefficace auprès de l'agence de régulation, elle doit produire un volume $\overline{x}$. L'agence croit qu'elle va utiliser $\overline{\theta}\overline{x}$ unités de ressource naturelle. En réalité, la firme tricheuse n'en utilisera que $\underline{\theta}\overline{x}$, obtenant ainsi une rente. La rente informationnelle peut donc ici être interprétée comme la valeur (au prix unitaire $p_e$) des unités de ressource naturelle qui ont été "économisées" par une firme efficace qui triche sur son type.

Une simple observation de la fonction objectif dans ce dernier programme fait clairement apparaître l'arbitrage que doit effectuer l'agence lorsqu'elle ne peut observer le coût marginal de production des firmes du secteur intermédiaire. L'asymétrie d'information empêche une régulation efficace de ce secteur et permet à ce dernier d'obtenir des rentes. L'agence doit donc arbitrer entre un premier objectif qui est l'efficacité allocative et un second objectif qui est l'extraction de ces rentes. L'expression de la fonction objectif montre en effet que les rentes $\underline{V}$ et $\overline{V}$ sont coûteuses pour l'agence. Cette dernière souhaite donc les réduire à leur minimum tout en respectant les contraintes $(\overline{CP})$ et $(\underline{CI})$. Ces deux contraintes sont donc saturées à la solution du problème ; ainsi, $\overline{V} = 0$ et $\underline{V} = p_e\Delta\theta\overline{x}$. Lorsque l'on remplace $\underline{V}$ et $\overline{V}$ dans la fonction objectif par ces expressions, le programme

[9] Remarquons que l'agence de régulation considère une nuisance moyenne $\nu N(\underline{x}) + (1-\nu)N(\overline{x})$ affectant le consommateur représentatif. Cette modélisation traduit le caractère local de la pollution. Pour une pollution ayant un caractère plus global, la nuisance s'écrirait $N(\nu\underline{x} + (1-\nu)\overline{x})$. On pourrait alors obtenir une solution en coin où un seul type de firme assurerait l'ensemble de la production de bien intermédiaire.

de l'agence s'écrit finalement :

$$\max_{\{\underline{x},\overline{x}\}} \alpha ln(C_m)+R-p_mC_m-\nu(p_e\Delta\theta\overline{x}+(p_e\underline{\theta}-p_x)\underline{x}+N(\underline{x}))-(1-\nu)((p_e\overline{\theta}-p_x)\overline{x}+N(\overline{x})).$$

Les conditions de premier ordre de maximisation de ce programme par rapport aux quantités $\underline{x}$ et $\overline{x}$ sont alors :

$$p_x = N'(\underline{x})+p_e\underline{\theta}, \quad (1)$$

$$p_x = N'(\overline{x})+p_e\left(\overline{\theta}+\frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta\right). \quad (2)$$

La régulation optimale fixe un volume de production de bien intermédiaire à l'intersection entre la courbe de prix unitaire $p_x$ du marché et la courbe de coût marginal social. Ces deux équations expriment le fait qu'à la régulation optimale, le prix du bien intermédiaire reflète l'ensemble des coûts marginaux de production du bien.

Pour les firmes efficaces, le coût marginal social est égal au coût marginal privé de production $p_e\underline{\theta}$ augmenté du coût marginal externe $N'(\underline{x})$.

La condition de premier ordre (2) définissant le volume de production des firmes inefficaces est similaire à l'équation (1) définissant le volume de production des firmes efficaces. La différence du côté droit de l'égalité provient du fait qu'il existe un coût marginal social additionnel associé à la production des firmes inefficaces. Ce terme $p_e\frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta$ est le coût marginal social associé à la distribution d'une rente informationnelle aux firmes efficaces. Il provient de la contrainte incitative des firmes efficaces qui indique que l'agence de régulation doit accorder une rente $p_e\Delta\theta\overline{x}$ à chacune de ces firmes pour qu'elle préfère le contrat $(\underline{\theta},\underline{t},\underline{x})$ au contrat $(\overline{\theta},\overline{t},\overline{x})$. Or, cette rente est coûteuse pour l'agence de régulation et croissante avec le volume de production régulé $\overline{x}$ des firmes inefficaces. Un moyen d'amener les firmes efficaces à déclarer leur type tout en réduisant le coût global de la régulation consiste à réduire $\overline{x}$. Nous retrouvons donc ici l'arbitrage habituel dans la régulation incitative entre efficacité productive et extraction de la rente : la condition de premier ordre (2) définit un volume $\overline{x}$ de production en arbitrant entre la réduction de la rente informationnelle $p_e\Delta\theta\overline{x}$ reçue par une fraction $\nu$ de firmes efficaces, et l'efficacité productive d'une fraction $1-\nu$ de firmes inefficaces.

Les conditions de premier ordre (1) et (2) nous permettent d'obtenir l'expression des quantités régulées des firmes du secteur intermédiaire en fonction du prix $p_x$ du marché. Pour cela, nous spécifions la fonction de nuisance de la façon suivante :

$$N(x)=\frac{\gamma x^2}{2},$$

avec $\gamma$ un paramètre positif. Dans ce cas quadratique, les quantités régulées sont :

$$\underline{x}(p_x)=\frac{p_x-p_e\underline{\theta}}{\gamma} \quad \text{et} \quad \overline{x}(p_x)=\frac{p_x-p_e\tilde{\overline{\theta}}}{\gamma},$$

où $\tilde{\overline{\theta}}=\overline{\theta}+\frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta$ est le paramètre d'efficacité *virtuel* des firmes inefficaces, prenant en compte le coût additionnel associé à la production de ces firmes (le coût lié à la rente informationnelle). Puisque $\bar{\theta} > \underline{\theta}$, le volume régulé des firmes inefficaces est inférieur à celui des firmes efficaces en information parfaite. De plus, puisque $\bar{\bar{\theta}} > \bar{\theta}$, une distorsion à la baisse s'ajoute sur la production des firmes les moins efficaces lorsque le coût marginal de production des firmes n'est pas observable.

Il est possible de caractériser complètement l'équilibre de cette économie en autarcie. Néanmoins, il est très difficile de procéder à une analyse normative et de montrer que l'ouverture aux échanges augmente ou diminue le bien-être. En particulier, nous n'avons pu montrer les effets de l'existence d'une information asymétrique affectant la régulation du secteur intermédiaire sur les échanges et la spécialisation internationale. Nous n'allons donc plus considérer cette économie à l'équilibre mais nous allons adopter la perspective de l'optimum social pour mener à bien les exercices mentionnés. Certains enseignements sur la régulation optimale du secteur intermédiaire lorsque le reste de l'économie fonctionne d'une manière concurrentielle vont cependant être retenus par la suite. Ils nous seront utiles au moment de caractériser la régulation optimale de ce secteur en information asymétrique dans un contexte d'optimum social.

# 4 Régulation optimale en information parfaite

Commençons par le cadre de référence d'information parfaite, i.e. l'efficacité des firmes régulées du secteur intermédiaire est parfaitement observable par le planificateur social. Nous étudions directement le cas de l'économie ouverte. Nous considérons l'utilité indirecte du consommateur représentatif, sous diverses contraintes de faisabilité portant sur les biens finaux, le bien intermédiaire et la ressource naturelle.
Remarque : l'ensemble des prix (du capital, du travail, de la ressource, du bien intermédiaire) disparaissent puisque nous caractérisons un optimum social, à l'exception des prix des biens finaux. La raison en est que ces biens font l'objet d'échanges internationaux. Leurs prix sont donc donnés, conformément au cadre d'une petite économie ouverte, et ne font ainsi l'objet d'aucune optimisation. De fait, lorsque nous caractérisons l'autarcie, en imposant que la consommation de biens manufacturiers soit égale à la production de ces biens, le prix relatif des biens manufacturiers disparaît du programme du planificateur.

Dans cette perspective, le planificateur détermine les volumes de consommation $C_m$ et $C_a$ du consommateur représentatif, les volumes de production $\underline{x}$ et $\overline{x}$ des différentes firmes du secteur intermédiaire, et les volumes $x_m$ et $x_a$ de bien intermédiaire respectivement destinés aux secteurs manufacturier et agricole. Il choisit ces variables de façon à maximiser le bien-être du consommateur représentatif. Il doit tenir compte d'un ensemble de contraintes.

La première est une contrainte "budgétaire" assurant que la valeur totale des consommations de biens manufacturiers et de biens agricoles (en termes agricoles) ne dépasse pas la valeur totale de la production :

$$pC_m + C_a \leq p x_m^{\beta} \bar{K}^{1-\beta} + x_a^{\beta} \bar{L}^{1-\beta},$$

avec $p = \frac{p_m}{p_a}$ le prix relatif des biens manufacturiers, et $p = p_m$ puisque $p_a = 1$. Cette contrainte n'empêche pas d'importer un bien et d'en exporter un autre : c'est la balance commerciale. En effet, aux prix mondiaux $p_m$ et $p_a = 1$, la différence en valeur entre la production et la consommation de bien intermédiaire $p_m(Y_m - C_m)$ permet de financer la différence en valeur entre consommation et production de bien agricole $Y_a - C_a$, et inversement.

La seconde est une contrainte de faisabilité portant sur le bien intermédiaire. Puisque le bien intermédiaire n'est pas mobile internationalement, le planificateur doit tenir compte d'une contrainte assurant que la quantité totale utilisée $x_m + x_a$ de bien intermédiaire (par les deux secteurs finaux) ne dépasse pas la quantité totale produite, en tenant compte de l'existence de deux types de firmes dans le secteur intermédiaire. Elle s'écrit :

$$x_m + x_a \leq \nu \underline{x} + (1-\nu)\overline{x}.$$

La troisième contrainte est une contrainte de faisabilité portant sur la ressource naturelle. Cette ressource étant un facteur fixe, le planificateur doit s'assurer que la quantité totale utilisée par les firmes du secteur intermédiaire ne dépasse pas la quantité totale disponible $\bar{E}$. Elle s'écrit :

$$\nu \underline{\theta x} + (1-\nu)\overline{\theta x} \leq \bar{E}.$$

Le programme du planificateur social est donc :

$$(\mathcal{P}) : \quad \max_{\{C_m, C_a, \underline{x}, \overline{x}, x_m, x_a\}} \quad \alpha ln(C_m) + C_a - \nu N(\underline{x}) - (1-\nu)N(\overline{x}),$$

$$\begin{aligned} \text{s.c.} \quad & pC_m + C_a \leq p x_m^{\beta} \bar{K}^{1-\beta} + x_a^{\beta} \bar{L}^{1-\beta}, && (3) \\ & x_m + x_a \leq \nu \underline{x} + (1-\nu)\overline{x}, && (4) \\ & \nu \underline{\theta x} + (1-\nu)\overline{\theta x} \leq \bar{E}. && (5) \end{aligned}$$

L'utilité marginale de la consommation étant strictement positive en chacun de ses arguments, la contrainte (3) est saturée à la solution. En substituant l'expression de $C_a$ ainsi obtenue, le programme $(\mathcal{P})$ devient :

$$\max_{\{C_m, \underline{x}, \overline{x}, x_m, x_a\}} \quad \alpha ln(C_m) \quad + \quad p\left(x_m^{\beta} \bar{K}^{1-\beta} - C_m\right) + x_a^{\beta} \bar{L}^{1-\beta} - \nu N(\underline{x}) - (1-\nu)N(\overline{x}),$$

$$\begin{aligned} \text{s.c.} \quad & x_m + x_a \leq \nu \underline{x} + (1-\nu)\overline{x}, && (\eta) \\ & \nu \underline{\theta x} + (1-\nu)\overline{\theta x} \leq \bar{E}, && (\mu) \end{aligned}$$

où $\eta$ et $\mu$ sont respectivement les multiplicateurs des contrainte de faisabilité portant sur le bien intermédiaire et la ressource naturelle. Les contraintes de premier ordre de maximisation de cet objectif sont alors :

$$\begin{aligned}
pC_m &= \alpha, \\
\beta p x_m^{\beta-1}\bar{K}^{1-\beta} &= \eta, \\
\beta x_a^{\beta-1}\bar{L}^{1-\beta} &= \eta, \\
\mu\overline{\theta} + N'(\overline{x}) &= \eta, \\
\mu\underline{\theta} + N'(\underline{x}) &= \eta.
\end{aligned}$$

Malgré la différence d'efficacité des firmes du secteur intermédiaire dans la transformation de la ressource naturelle, la régulation optimale conduit à maintenir les deux types de firmes en activité. La taxation non-linéaire différenciée permet aux moins efficaces de maintenir leur activité malgré un fonctionnement concurrentiel du marché du bien intermédiaire. La raison de ce maintien est que les firmes de ce secteur sont régulées uniquement en raison de l'externalité environnementale dont elles sont la source. Puisque la fonction de nuisance est croissante et convexe avec le niveau local de production, il est préférable de répartir la production de bien intermédiaire entre un plus grand nombre de firmes.

Dans le cas d'une nuisance quadratique, nous obtenons :[10]

$$x_m^c(p) = \left(\frac{\beta p}{\eta^c}\right)^{\frac{1}{1-\beta}}\bar{K} \qquad \text{et} \qquad x_a^c(p) = \left(\frac{\beta}{\eta^c}\right)^{\frac{1}{1-\beta}}\bar{L},$$
$$\underline{x}^c = \frac{\eta^c - \mu^c\underline{\theta}}{\gamma} \qquad \text{et} \qquad \overline{x}^c = \frac{\eta^c - \mu^c\overline{\theta}}{\gamma}.$$

La solution obtenue est paramétrée par $p$, le prix relatif mondial des biens manufacturiers, et s'exprime en fonction de $\mu^c$ et $\eta^c$, les prix fictifs de la ressource et du bien intermédiaire. Pour caractériser complètement la solution, il nous faut déterminer $\mu^c$ et $\eta^c$ et, pour cela, saturer les contraintes de faisabilité portant sur les biens correspondants. En saturant la contrainte de faisabilité portant sur la ressource naturelle, nous obtenons une première relation entre $\eta$ et $\mu$ :

$$\bar{E} = \frac{1}{\gamma}[\eta\Theta - \mu(\nu\underline{\theta}^2 + (1-\nu)\overline{\theta}^2)],$$

où $\Theta = \nu\underline{\theta} + (1-\nu)\overline{\theta}$ est le paramètre d'efficacité moyen. Cette relation ne dépend pas du prix relatif $p$. Nous la réécrivons :

$$\mu = \frac{\eta\Theta - \gamma\bar{E}}{\nu\underline{\theta}^2 + (1-\nu)\overline{\theta}^2}. \tag{$\Psi$}$$

Il est immédiat de constater que le prix fictif $\mu$ augmente avec le prix fictif $\eta$ et diminue avec le paramètre de nuisance $\gamma$. Ainsi,

$$\mu = \mu(\underset{+}{\eta}, \underset{-}{\gamma}).$$

[10] L'indice supérieur $c$ désigne le cas d'information parfaite.

Par ailleurs, $\eta > 0$. La contrainte de faisabilité portant sur le bien intermédiaire est donc saturée. En remplaçant les expressions de $x_m$, $x_a$, $\underline{x}$ et $\overline{x}$ à la solution de $(\mathcal{P})$ dans cette contrainte saturée, nous obtenons une seconde relation entre $\eta$ et $\mu$ :

$$\frac{\beta}{\eta}^{\frac{1}{1-\beta}}\left(\bar{L}+p^{\frac{1}{1-\beta}}\bar{K}\right)=\frac{\eta-\mu\Theta}{\gamma}.$$

Cette seconde relation dépend du prix $p$ et nous la réécrivons :

$$\mu=\frac{\eta-\gamma\frac{\beta}{\eta}^{\frac{1}{1-\beta}}\left(\bar{L}+p^{\frac{1}{1-\beta}}\bar{K}\right)}{\Theta}. \tag{$\Upsilon$}$$

Afin de tracer les courbes représentant $\Psi$ et $\Upsilon$, nous procédons à la normalisation suivante : $\Theta = 1$. Ainsi, $\overline{\theta} = 1 + \nu\Delta\theta$ et $\underline{\theta} = 1 - (1-\nu)\Delta\theta$. Les deux courbes ont alors pour équations respectives :

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{\eta-\gamma\bar{E}}{1+\nu(1-\nu)\Delta\theta^2},\\ \mu &= \eta-\gamma\left(\frac{\beta}{\eta}\right)^{\frac{1}{1-\beta}}\left(\bar{L}+p^{\frac{1}{1-\beta}}\bar{K}\right).\end{aligned}$$

Nous allons tracer ces deux courbes dans un espace $(\eta,\mu)$, c'est-à-dire dans un espace (prix fictif du bien intermédiaire, prix fictif de la ressource naturelle). L'intersection des deux courbes nous donne les valeurs socialement optimales $\mu^c$ et $\eta^c$ de ces deux multiplicateurs. Nous commençons par le cas où la petite économie fonctionne de manière autarcique et montrons ensuite ce qu'il advient lorsqu'elle s'ouvre aux échanges.

L'autarcie est simplement caractérisée par l'imposition d'une contrainte supplémentaire portant sur les biens finaux : la consommation nationale de biens manufacturiers ne peut dépasser la production nationale de ces biens : $C_m \leq Y_m$. Puisque l'utilité du consommateur représentatif augmente strictement avec la consommation, cette contrainte est saturée à l'optimum social. Ainsi, $C_m = Y_m$. En remplaçant $C_m$ et $Y_m$ par leurs valeurs à l'optimum, nous obtenons l'expression du prix relatif $p$ autarcique :

$$p^{\frac{1}{1-\beta}}=\frac{\alpha}{\bar{K}}\left(\frac{\eta}{\beta}\right)^{\frac{\beta}{1-\beta}}.$$

En substituant cette expression du prix autarcique dans l'équation $(\Upsilon)$, nous avons :

$$\mu=\eta-\gamma\bar{L}\beta^{\frac{1}{1-\beta}}\eta^{-\frac{1}{1-\beta}}-\gamma\alpha\frac{\beta}{\eta}.$$

Cette dernière écriture de $(\Upsilon)$ met en évidence une relation croissante entre $\mu$ et $\eta$. Ainsi, chacune des courbes $(\Psi)$ et $(\Upsilon)$ représente une relation positive entre les deux multiplicateurs, ce qui pourrait laisser croire à l'existence de solutions multiples. Cependant, le système d'équations $(\Psi)-(\Upsilon)$ admet une solution unique $(\eta^c,\mu^c)$. Une simple manipulation suffit pour nous en convaincre : il faut pour cela considérer le système d'équations

$(\Psi) - (\Psi - \Upsilon)$, qui admet nécessairement la même solution.[11] L'équation $(\Psi - \Upsilon)$ s'écrit :

$$\mu = \frac{\gamma}{\nu(1-\nu)\Delta\theta^2}\left(\left(\frac{\beta}{\eta}\right)^{\frac{1}{1-\beta}}\left(\bar{L} + p^{\frac{1}{1-\beta}}\bar{K}\right) - \bar{E}\right),$$

ce qui nous donne une relation décroissante entre $\eta$ et $\mu$. Ainsi, $(\Psi)$ représente une relation croissante entre les prix fictifs $\eta$ et $\mu$ tandis que $(\Psi - \Upsilon)$ représente une relation décroissante entre ces mêmes variables, montrant l'unicité de la solution $(\eta^c, \mu^c)$ à prix $p$ donné (voir la figure 1).

Des exercices de statique comparative sont maintenant aisés. Le prix fictif de la ressource, $\mu$, diminue avec le prix fictif du bien intermédiaire, $\eta$, mais il augmente avec le paramètre de nuisance $\gamma$ et avec le prix relatif des biens finaux $p$. Lorsque $p$ augmente, cette courbe décroissante se déplace donc vers le haut. Ainsi,

$$\mu = \mu(\underset{-}{\eta}, \underset{+}{\gamma}, \underset{+}{p}).$$

**Passage de l'autarcie au libre-échange.** Nous commençons par étudier ce passage de manière graphique avant de le faire d'une manière analytique.

La courbe $(\Psi)$ représente la contrainte de faisabilité portant sur la ressource naturelle lorsque cette contrainte est saturée, c'est-à-dire lorsque toutes les unités disponibles de ressource sont utilisées par le secteur intermédiaire. Cette ressource est un facteur fixe et la contrainte est donc indépendante du prix relatif mondial $p$ : elle ne se déplace pas lorsque la petite économie passe de l'autarcie au libre-échange.

La courbe $(\Psi - \Upsilon)$ représente une compilation des contraintes portant sur la ressource et sur le bien intermédiaire (toute la dotation en ressource naturelle est utilisée par le secteur intermédiaire et toute la production du secteur intermédiaire est utilisée par les secteurs finaux). Or, la production de bien intermédiaire est régulée et les quantités $x_m$ et $x_a$ respectivement destinées aux secteurs finaux manufacturier et agricole dépendent du prix relatif mondial $p$, puisque ces biens finaux sont échangés. Il est aisé de voir qu'une augmentation de $p$ conduirait à un déplacement de cette courbe vers le haut. L'intersection entre les deux courbes se déplace alors vers le haut et la droite dans l'espace $(\eta, \mu)$ : une augmentation du prix $p$ à partir du prix d'autarcie conduirait donc à la fois à une augmentation du prix fictif du bien intermédiaire et du prix fictif de la ressource naturelle.

[11] Nous considérons désormais ce nouveau système. La courbe $(\Psi)$ décrit le lieu des combinaisons de prix fictifs $(\eta, \mu)$ pour lesquelles toutes les unités de ressource naturelle sont utilisées par le secteur intermédiaire. La courbe $(\Psi - \Upsilon)$ décrit le lieu des combinaisons de prix fictifs $(\eta, \mu)$ pour lesquelles à la fois toutes les unités de ressource naturelle sont utilisées par le secteur intermédiaire et toutes les unités de bien intermédiaire sont utilisées par les secteurs finaux. Le passage du premier système d'équations au second ne modifie en rien la solution, et ne peut donc avoir de conséquence pour l'analyse normative que nous souhaitons conduire par la suite.

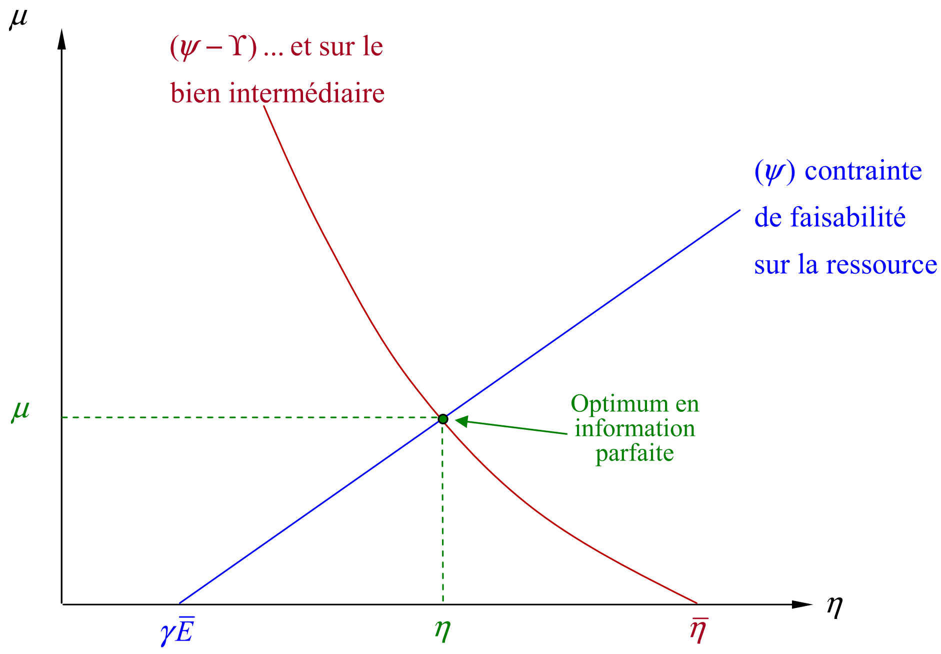


*Figure 1 – Information parfaite*

Lorsque le prix relatif mondial des biens manufacturiers est supérieur au prix relatif d'autarcie, la petite économie dispose d'un avantage comparatif dans la production de bien manufacturier. Elle se spécialise dans la production industrielle, la demande de bien intermédiaire augmente sur ce secteur ainsi que la demande de ressource naturelle. Cette dernière étant disponible en quantité limitée $\bar{E}$, cette tension sur la ressource se traduit par une augmentation de son prix fictif $\mu$. La ressource naturelle étant l'unique input du secteur intermédiaire, il s'ensuit une augmentation du prix fictif $\eta$ du bien intermédiaire.

Quel est alors l'effet de ce passage au libre-échange sur le niveau de bien-être ?

Définissons la fonction d'utilité indirecte $W(p)$ comme :

$$W(p) = \max_{\{C_m, \underline{x}, \overline{x}, x_m, x_a\}} \alpha ln(C_m) \quad + \quad p\left(x_m^\beta \bar{K}^{1-\beta} - C_m\right) + x_a^\beta \bar{L}^{1-\beta} - \nu N(\underline{x}) - (1-\nu)N(\overline{x}),$$

$$\begin{aligned} \text{s.c.} \;\; & x_m + x_a \leq \nu \underline{x} + (1-\nu)\overline{x}, \\ & \nu \underline{\theta x} + (1-\nu)\overline{\theta x} \leq \bar{E}. \end{aligned}$$

La fonction $W(p)$ est une fonction de bien-être : c'est le niveau maximal d'utilité atteint à l'optimum de premier rang, pour un prix relatif $p$ donné des biens manufacturiers. Montrons dans quel sens varie ce niveau maximal de bien-être lorsque le prix $p$ augmente à partir du prix autarcique. Calculons pour cela $W'(p)$. Une simple dérivation montre que $W'(p) = x_m^\beta \bar{K}^{1-\beta} - C_m = Y_m - C_m$. Comme indiqué précédemment, l'autarcie est caractérisée par une contrainte supplémentaire selon laquelle $Y_m = C_m$. Ainsi, $W'(p) = 0$ à l'autarcie. Il reste à vérifier que nous avons bien un minimum de la fonction $W(p)$ et non un maximum. Remarquons que $W(p)$ est le maximum d'une famille de fonctions linéaires par rapport à $p$ : le théorème de l'enveloppe nous assure que la fonction $W(p)$ est convexe, et qu'elle atteint donc bien un minimum au prix d'autarcie.

**Proposition 1.** *En présence d'une régulation environnementale efficace au niveau national, l'ouverture aux échanges augmente le niveau de bien-être d'une petite économie.*

L'introduction d'une externalité environnementale et d'un secteur intermédiaire régulé dans un modèle d'équilibre général à la Heckscher-Ohlin n'empêche pas de retrouver un résultat standard : l'ouverture aux échanges augmente le bien-être d'une petite économie ouverte. Ce résultat reste-t-il valide lorsque l'existence d'une information asymétrique introduit une inefficacité dans la régulation du secteur intermédiaire ? C'est l'objet de la Section 5.

# 5 Régulation optimale en information asymétrique

Nous restons dans la perspective de l'optimum, mais nous supposons maintenant que le coût marginal de production des firmes du secteur intermédiaire n'est pas observable : c'est un paramètre de sélection adverse.

Nous avons caractérisé, dans la Section 3, la régulation optimale des firmes de ce secteur lorsque le reste de l'économie fonctionne d'une manière concurrentielle. Le problème de l'agence de régulation est le suivant : amener les firmes efficaces (de type $\underline{\theta}$) à révéler leur véritable coût et donc, ne pas se faire passer pour des firmes inefficaces. La résolution de ce problème incitatif implique : i) d'abandonner une rente égale à $p_e \Delta\theta\overline{x}$ aux firmes efficaces ; ii) d'introduire une distorsion à la baisse sur le niveau de production des firmes inefficaces. Puisque la rente des firmes efficaces augmente avec le volume de production des firmes inefficaces, l'agence ne peut plus considérer le coût marginal des firmes inefficaces comme étant $\overline{\theta}$ mais doit considérer un coût marginal *virtuel* $\overline{\overline{\theta}} = \overline{\theta} + \frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta$. Lorsque nous quittons le cadre de l'équilibre concurrentiel pour adopter la perspective de l'optimum, le problème incitatif que doit résoudre le planificateur vis-à-vis de la firme régulée est le même que celui que devait résoudre l'agence : amener les firmes efficaces à révéler leur véritable type. Nous avons vu en Section 3 que la résolution de ce problème passe par l'introduction d'une distorsion sur le volume des firmes inefficaces et que, pour ces firmes, l'agence considère un coût marginal *virtuel* égal au coût marginal privé augmenté du coût marginal social de la rente. Quelle que soit l'approche retenue pour l'économie (équilibre concurrentiel ou optimum social), c'est le même coût marginal *virtuel* qui doit être appliqué au moment de déterminer la régulation optimale des firmes les moins efficaces du secteur intermédiaire. Du point de vue du planificateur à l'optimum social, la quantité totale de ressource naturelle utilisée est donc $\nu\underline{\theta}\underline{x} + (1-\nu)\overline{\overline{\theta}}\overline{x}$, soit $\nu\underline{\theta}\underline{x} + (1-\nu)\left(\overline{\theta} + \frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta\right)\overline{x}$.

La deuxième hypothèse que nous allons formuler pour définir l'optimum contraint par une information asymétrique concerne le consommateur représentatif. Pour ce dernier, il est coûteux d'accorder une rente aux firmes de type $\overline{\theta}$, et ce coût est pris en compte au moment de déterminer la régulation optimale du secteur intermédiaire. Mais, au moment de choisir cette régulation, le consommateur est en quelque sorte *schyzophrène* : il oublie qu'il est le détenteur de tous les facteurs de production et, qu'*in fine*, c'est lui qui percevra la rente distribuée à certaines firmes de l'économie. Plus concrètement, l'optimisation sur le volume $\overline{x}$ par le planificateur se fait en "oubliant" que c'est aussi la source d'un revenu pour le consommateur représentatif. Le volume $\overline{x}$ dans la rente du côté des coûts liés à la régulation est une variable d'optimisation, de manière habituelle. Mais ce même volume $\overline{x}$ dans la rente du côté des revenus du consommateur est considéré comme donné : pour en tenir compte, nous le désignons par $\overline{x}^0$. Or, les firmes qui perçoivent une rente sont des firmes du secteur intermédiaire, secteur dont l'unique input est la ressource naturelle. Comme nous l'avons expliqué en Section 3, ces firmes sont capables de produire un volume $\overline{x}$ en utilisant $\underline{\theta}\overline{x}$ unités de ressource naturelle, alors que les firmes inefficaces produisent ce même volume en utilisant $\overline{\theta}\overline{x}$ unités, avec $\overline{\theta} - \underline{\theta} = \Delta\theta > 0$. On peut donc interpréter la rente informationnelle simplement comme la valeur des ressources "économisées" par des firmes de type $\underline{\theta}$ qui trichent. Ces unités économisées sont valorisées au prix unitaire $p_e$ à l'équilibre concurrentiel, et au prix unitaire fictif $\mu$ à l'optimum social. La *schyzophrénie* du consommateur représentatif quant à la rente informationnelle a ainsi une traduction dans l'écriture de la contrainte de faisabilité portant sur la ressource naturelle.[12] Cette dernière s'écrit maintenant :

$$\nu\underline{\theta}\underline{x} + (1-\nu)\left(\overline{\theta} + \frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta\right)\overline{x} \leq \bar{E} + \nu\Delta\theta\overline{x}^0.$$

Bien sûr, le volume *ex post* de production des firmes inefficaces au moment de la distribution des revenus (et donc, de la rente) est celui qui a été choisi *ex ante* par le planificateur au moment de la régulation, et $\overline{x}^0 = \overline{x}$. Il est alors immédiat de constater que cette contrainte de faisabilité *ex post* redevient strictement identique à celle que nous avions dans la Section 4.

Tenant compte de ces éléments, le programme permettant de caractériser l'optimum social contraint par une information asymétrique s'écrit :

$$(\mathcal{P}^i) : \quad \max_{\{C_m,\underline{x},\overline{x},x_m,x_a\}} \alpha ln(C_m) + p\left(x_m^\beta \bar{K}^{1-\beta} - C_m\right) + x_a^\beta \bar{L}^{1-\beta} - \nu N(\underline{x}) - (1-\nu)N(\overline{x}),$$

$$\text{s.c.} \; x_m + x_a \leq \nu\underline{x} + (1-\nu)\overline{x},$$
$$\nu\underline{\theta}\underline{x} + (1-\nu)\left(\overline{\theta} + \frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta\right)\overline{x} \leq \bar{E} + \nu\Delta\theta\overline{x}^0.$$

Les conditions de premier ordre de maximisation de l'utilité définissant $C_m$, $x_m$, $x_a$ et $\underline{x}$ à l'optimum sont strictement les mêmes que celles du programme $(\mathcal{P})$. Nous ne les reprenons donc pas. Néanmoins, la condition de premier ordre définissant $\overline{x}$ est modifiée, et donc les valeurs de $C_m^i$, $x_m^i$, $x_a^i$ et $\underline{x}^i$ également.[13] Cette condition s'écrit :

$$\eta^i = N'(\overline{x}^i) + \mu^i\left(\overline{\theta} + \frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta\right).$$

Dans le cas d'une nuisance quadratique, le volume de production des firmes inefficaces

[12]Voir Martimort et Verdier (2009) pour un traitement similaire de la rente.

[13]L'indice supérieur $i$ désigne le cas d'information imparfaite.

devient :

$$\overline{x}^i = \frac{\eta^i - \mu^i \tilde{\overline{\theta}}}{\gamma}.$$

Toutes choses étant égales par ailleurs, puisque $\tilde{\overline{\theta}} > \overline{\theta}$, le volume de production régulé en information imparfaite est inférieur au volume régulé en information parfaite.[14] La résolution du problème incitatif conduit donc le planificateur à introduire une distorsion à la baisse sur le volume de production des firmes les moins efficaces.

Comme en Section 4, la solution est paramétrée par le prix relatif $p$ des biens manufacturiers et s'exprime en fonction des prix fictifs $\mu^i$ et $\eta^i$ de la ressource et du bien intermédiaire. Il nous reste à saturer les contraintes de faisabilité portant sur ces deux biens pour déterminer ces prix fictifs. Saturons donc la contrainte de faisabilité portant sur la ressource :

$$\nu\underline{\theta}\underline{x}^i + (1-\nu)\left(\overline{\theta} + \frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta\right)\overline{x}^i = \bar{E} + \nu\Delta\theta\overline{x}^i,$$

soit

$$\nu\underline{\theta}\underline{x}^i + (1-\nu)\overline{\theta}\overline{x}^i = \bar{E},$$

et remplaçons $\underline{x}^i$ et $\overline{x}^i$ par leurs expressions à l'optimum social. Nous obtenons une nouvelle relation entre $\eta$ et $\mu$ :

$$\mu^i = \frac{\eta^i - \gamma\bar{E}}{1 + \nu(1-\nu)\Delta\theta^2 + \nu\overline{\theta}\Delta\theta}. \tag{$\Psi^i$}$$

Saturons maintenant la contrainte de faisabilité portant sur le bien intermédiaire et remplaçons les variables $x^i_m$, $x^i_a$, $\underline{x}^i$ et $\overline{x}^i$ par leurs expressions. Nous obtenons :

$$\mu = \frac{1}{1+\nu\Delta\theta}\left\{\eta - \gamma\left(\frac{\beta}{\eta}\right)^{\frac{1}{1-\beta}}\left(\bar{L} + p^{\frac{1}{1-\beta}}\bar{K}\right)\right\}. \tag{$\Upsilon^i$}$$

Nous avons, comme pour la relation $(\Upsilon)$, une relation croissante entre $\eta$ et $\mu$. Une simple manipulation, comme dans la Section 4, consistant à travailler sur le système d'équations $(\Psi^i, \Psi^i - \Upsilon^i)$ permet de montrer l'unicité de la solution $(\eta^i, \mu^i)$. La courbe $(\Psi^i - \Upsilon^i)$ a pour équation :

$$\mu = \frac{\gamma}{\nu\Delta\theta^2}\left\{\left(\frac{\beta}{\eta}\right)^{\frac{1}{1-\beta}}\left(\bar{L} + p^{\frac{1}{1-\beta}}\bar{K} - \bar{E}\right)\right\}. \tag{$\Psi^i - \Upsilon^i$}$$

Nous exploitons par la suite ce second système d'équations qui rend plus aisés les exercices de statique comparative.

**Effet de l'asymétrie d'information.** La comparaison des équations $(\Psi)$ et $(\Psi^i)$ montre qu'un terme nouveau $\nu\overline{\theta}\Delta\theta$ positif apparaît au dénominateur en $(\Psi^i)$. La présence d'une asymétrie d'information sur l'efficacité des firmes du secteur intermédiaire fait donc pivoter la courbe $\Psi$ dans le sens des aiguilles d'une montre. La comparaison des équations $(\Upsilon)$ et $(\Upsilon^i)$ montre qu'un terme nouveau $\nu\Delta\theta$, positif lui aussi, apparaît au dénominateur du

[14] Les prix fictifs de la ressource et du bien intermédiaire prennent des valeurs différentes en information parfaite et en information asymétrique. De ce fait, il est difficile de comparer $\overline{x}^c$ et $\overline{x}^i$.

terme en facteur dans $(\Upsilon^i)$. Ce terme conduit, toutes choses égales par ailleurs, à déplacer la courbe $(\Upsilon^i)$ vers le bas.

Rappelons-nous que le paramètre d'efficacité *virtuel* $\tilde{\overline{\theta}}$ prend une valeur différente selon le contexte informationnel dans lequel est définie la régulation optimale du secteur intermédiaire. Ainsi, ce paramètre est simplement égal à $\overline{\theta}$ dans un contexte d'information parfaite où le planificateur observe le type $\theta$ de chaque firme régulée. Dans ce cas, une régulation de premier rang est mise en œuvre pour les firmes inefficaces, sans aucune distorsion, de la même façon que pour les firmes efficaces (le prix du bien intermédiaire est égal au coût marginal privé de production augmenté du coût marginal externe). En information asymétrique, le paramètre $\tilde{\overline{\theta}}$ est égal à $\overline{\theta} + \frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta$ : une distorsion est introduite dans le volume régulé des firmes inefficaces afin de décourager les firmes efficaces de se faire passer pour des firmes inefficaces.

Ceci a des conséquences sur l'optimum social de cette économie. Pour le comprendre, plaçons-nous dans l'espace $(\eta, \mu)$ de la figure 1 et traçons les courbes $(\Psi^i)$ et $(\Psi^i - \Upsilon^i)$ en plus des courbes obtenues en information parfaite. Les valeurs de $\eta^i$ et $\mu^i$ à l'optimum social sont obtenues à l'intersection de ces nouvelles courbes (voir la figure 2 ci-dessous).

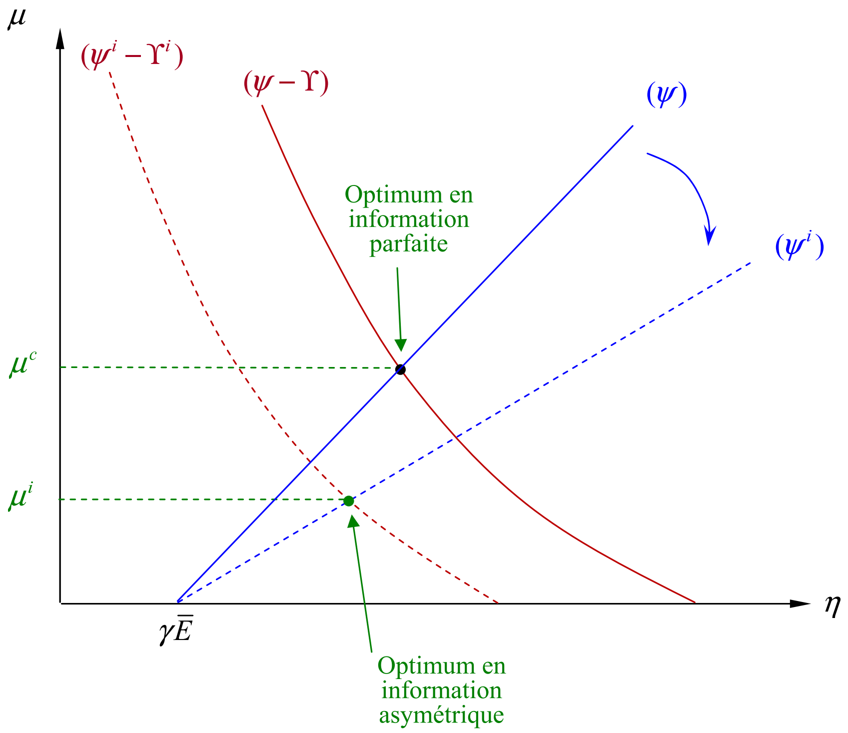


*Figure 2 -- Information asymétrique*

Nous voyons que l'optimum s'est déplacé vers le bas. La présence d'une information asymétrique sur l'efficacité du secteur intermédiaire conduit sans ambiguïté à une réduction du multiplicateur $\mu$, le prix fictif de la ressource naturelle. En effet, toutes choses égales par ailleurs, la production régulée en information asymétrique est en moyenne inférieure à la production régulée en information parfaite. Ce secteur utilise la ressource naturelle comme unique input. La pression s'exerçant sur cette ressource étant moindre, cela conduit à une réduction de son prix fictif.

En revanche, l'effet d'une information asymétrique sur le prix fictif $\eta$ du bien intermédiaire est ambigu. Deux effets de sens contraire jouent. Le premier est le même que celui qui contribue à réduire le prix fictif de la ressource. Il conduit, de façon mécanique, à réduire le prix fictif du bien intermédiaire puisque la ressource est l'unique input de ce secteur, et se traduit par un déplacement vers le bas de la courbe $(\Psi - \Upsilon)$. Le second vient du fait que, puisque le coût de production augmente en moyenne (car le régulateur doit considérer le coût $\tilde{\overline{\theta}}$ et non le coût $\overline{\theta}$ pour les firmes inefficaces), le prix fictif de l'output (le bien intermédiaire) doit aussi augmenter. Cet effet se traduit par un pivotement vers la droite de la courbe $(\Psi)$. Au total, selon l'importance relative de ces deux effets, le prix fictif du bien intermédiaire peut augmenter ou diminuer.

**Proposition 2.** *L'existence d'une information asymétrique en économie ouverte conduit à une augmentation du prix fictif de la ressource naturelle et a un effet ambigu sur le prix fictif du bien intermédiaire.*

**Effet de l'ouverture aux échanges.** L'analyse graphique des effets de l'ouverture aux échanges sur les prix fictifs de la ressource naturelle et du bien intermédiaire est similaire à celle qui a été menée en information parfaite dans la Section 4. La courbe $(\Psi^i)$ ne dépend pas du prix relatif $p$ tandis que la courbe $(\Psi^i - \Upsilon^i)$ retrace une relation croissante entre le prix fictif du bien intermédiaire et le prix relatif $p$ des biens manufacturiers. Ainsi, une augmentation du prix relatif $p$ des biens manufacturiers conduit à un déplacement de l'optimum vers le haut et la droite, et donc à une augmentation des prix fictifs de la ressource naturelle et du bien intermédiaire, pour des raisons identiques à celles qui ont été proposées en information parfaite.

Procédons maintenant à une analyse des effets de l'ouverture sur le bien-être. Définissons la fonction d'utilité indirecte $W^i(p)$ comme :

$$W^i(p) = \max_{\{C_m, \underline{x}, \overline{x}, x_m, x_a\}} \alpha ln(C_m) + p\left(x_m^\beta \bar{K}^{1-\beta} - C_m\right) + x_a^\beta \bar{L}^{1-\beta} - \nu N(\underline{x}) - (1-\nu)N(\overline{x}),$$

$$\text{s.c.} \quad x_m + x_a \leq \nu \underline{x} + (1-\nu)\overline{x},$$

$$\nu \underline{\theta x} + (1-\nu)\left(\overline{\theta} + \frac{\nu}{1-\nu}\Delta\theta\right)\overline{x} \leq \bar{E} + \nu\Delta\theta\overline{x}^0.$$

La fonction $W^i(p)$ est l'utilité maximale atteinte par le consommateur représentatif à l'optimum de second rang pour un relatif mondial $p$ donné et lorsque la régulation du secteur intermédiaire est contrainte par une asymétrie d'information. Montrons dans quel sens évolue ce niveau de bien-être lorsque le prix $p$ augmente à partir du niveau à l'autarcie. Une simple dérivation montre que :

$$W^{i'}(p) = x_m^\beta \bar{K}^{1-\beta} - C_m + \mu\nu\Delta\theta\overline{x}^{0'}(p).$$

Or, comme précédemment, l'autarcie est caractérisée par une contrainte supplémentaire selon laquelle $Y_m = C_m$. Ainsi, $W^{i'}(p) = \mu\nu\Delta\theta\overline{x}^{0'}(p)$ à l'autarcie. Nous montrons que $\overline{x}^{0'}(p) < 0$ et donc que $W^{i'}(p) < 0$. Ainsi, si le prix relatif mondial des biens manufacturiers est supérieur au prix relatif d'autarcie, l'ouverture aux échanges conduit à une augmentation du prix $p$ pour la petite économie et à une diminution du niveau d'utilité indirecte du consommateur représentatif. Lorsque la petite économie bénéficie d'un avantage comparatif dans la production manufacturière, le passage de l'autarcie au libre-échange conduit à une diminution de son niveau de bien-être. Le contraire se produit lorsque la petite économie ouverte a un avantage comparatif dans la production agricole.

**Proposition 3.** *En présence d'une information asymétrique introduisant une inefficacité dans la régulation nationale, l'ouverture aux échanges peut réduire le niveau de bien-être d'une petite économie.*

L'existence d'une asymétrie d'information affectant la régulation du secteur intermédiaire peut donc renverser le résultat standard selon lequel l'ouverture aux échanges est bénéfique pour une petite économie.

# 6 Conclusion

L'objet de cet article est de répondre à une question simple *a priori* : l'ouverture aux échanges est-elle bénéfique pour une petite économie affectée par différentes imperfections de marché, parmi lesquelles une externalité environnementale et une information asymétrique.

Dans le cadre d'un modèle d'équilibre général à la Heckscher-Ohlin $2 \times 2 \times 2$ (deux pays, deux facteurs de production, deux biens finaux) où l'ensemble des marchés sont concurrentiels, nous avons introduit i) un troisième facteur de production (une ressource naturelle) ; ii) un secteur intermédiaire en concurrence parfaite pour la transformation de la ressource en bien intermédiaire et pour sa distribution ; iii) une externalité environnementale entraînée par la production du bien intermédiaire ; iv) une information asymétrique dans l'efficacité de cette production. Le secteur intermédiaire est soumis à une régulation pour corriger l'externalité environnementale. Néanmoins, nous restreignons notre analyse au cas d'une petite économie.

L'effet d'une ouverture aux échanges dépend fortement des contraintes pesant sur la régulation à l'intérieur des frontières. En information parfaite, une régulation efficace du problème d'externalité est possible. De ce fait, le résultat standard dans la littérature peut être obtenu : l'ouverture aux échanges est bénéfique pour une petite économie. En revanche, en information asymétrique, des distorsions sont introduites par la régulation optimale afin de régler un problème incitatif. Nous montrons alors que, en fonction de l'avantage comparatif de la petite économie, le bien-être peut augmenter ou diminuer en passant de l'autarcie au libre-échange. L'introduction d'une asymétrie d'information peut donc conduire à renverser le résultat obtenu en information parfaite. L'idée selon laquelle les effets positifs ou négatifs de l'ouverture aux échanges dépendent de l'existence de distorsions internes à l'économie fermée avait été développée par Bhagwati (1971). Notre analyse confirme cette proposition.

Nous avons modélisé une pollution ayant un caractère local. Il serait bien sûr intéressant de prolonger ce travail en l'étendant au cas d'une pollution ayant un caractère plus global, voire au cas des pollutions transfrontalières. De nouveaux problèmes se posent pour la régulation de ce type de pollution : par exemple, celui des effets adverses d'une politique environnementale nationale qui conduirait à délocaliser les activités polluantes vers des pays aux normes moins strictes. Dans ce cas, le niveau total des émissions augmente-t-il ? Quel est l'effet sur le niveau de bien-être ? Quelle est alors la politique environnementale optimale ? À quel niveau (national, supranational) devrait-elle être déterminée ?

Nous avons centré notre analyse sur les effets de l'ouverture en termes de bien-être. Nous pourrions également mesurer les effets du passage au libre-échange sur le niveau de qualité environnementale. Dans notre cadre, toute la ressource disponible est utilisée comme input à l'optimum social, en autarcie comme en libre-échange. De plus, il n'y a pas de modification de la technologie de transformation de la ressource naturelle en bien intermédiaire en réponse à la régulation environnementale. Pour enrichir l'analyse des effets de l'ouverture sur le niveau de qualité environnementale, il serait donc intéressant de permettre au secteur intermédiaire d'adapter sa technologie de production (et donc, de pollution). Nous gardons ces extensions pour de futurs travaux.

# Références


**Bhagwati, J.** (1971), *The Generalized Theory of Distortions and Welfare,* dans *Trade, Balance of Payments and Growth: Papers in International Economics in Honor of Charles P. Kindleberger.* J. Bhagwati, R. Jones, R. Mundell et J. Vaneck, éds. North Holland.

**Barrett, S.** (1994), "Strategic Environmental Policy and International Trade", *Journal of Public Economics*, 54: 325-338.

**Brander, J.A. et B.J. Spencer** (1985), "Export Subsidies and Market Share Rivalry", *Journal of International Economics*, 18: 83-100.

**Brainard, S.L. et D. Martimort** (1997), "Strategic Trade Policy with Incompletely Informed Policymakers", *Journal of International Economics*, 42: 33-65.

**Calmette, M.F.** (2000), "Régulation des firmes polluantes en libre-échange: conséquences des asymétries d'information et des groupes de pression", *Économie et prévision*, avril-juin.

**Conrad, K.** (1993), "Taxes and subsidies for pollution intensive industries as trade policy", *Journal of Environmental Economics and Management*, 25: 121-135.

**B.R.Copeland et M.S. Taylor** (2003), *Trade and the Environment: Theory and Evidence*, Princeton University Press.

**Hiriart, Y.** (2004), "Aspects stratégiques d'une politique environnementale incitative", *Louvain Economic Review*, 70(1): 53-77.

**Hiriart, Y.** (2009), "Which Governance Level for Global Pollution Control?", mimeo, Toulouse School of Economics.

**Kennedy, P.W.** (1994), "Equilibrium Pollution Taxes in Open Economies with Imperfect Competition", *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(1): 49-63.

**Laffont, J.-J. et D. Martimort** (2002), *The Theory of Incentives: The Principal-Agent Model*, Princeton University Press.

**Ludema, R. et I. Wooton** (1997), "International Trade Rules and Environmental Cooperation under Asymmetric Information", *International Economic Review*, 38: 605-625.

**Lünenbürger, B. et M. Rauscher** (2003), *Carbon Leakage: Interactions of Primary and Final Goods Markets,* dans L. Marsiliani, M. Rauscher, et C. Withagen, édrs. *Environmental Policy in an International Perspective.* Kluwer Academic Publishers, 219-245.

**Martimort, D. et T. Verdier** (2009), "International Trade with Domestic Regulation under Asymmetric Information: A Simple General Equilibrium Approach", mimeo, Toulouse School of Economics and CEPR.

**Nannerup, N.** (1998), "Strategic Environmental Policy under incomplete information", *Environ. and Resource Economics*, 11: 61-78.

**Sturm, D.** (2003), *Trade and the Environment: A survey of the Literature,* dans L. Marsiliani, M. Rauscher, et C. Withagen, édrs. *Environmental Policy in an International Perspective.* Kluwer Academic Publishers, 119-149.

**Ulph, A.** (1996), "Environmental Policy and International Trade when Governments and Producers Act Strategically", *Journal of Environmental Economics and Management*, 30: 265-281.

**Ulph, A.** (2000), "Harmonization and Optimal Environmental Policy in a Federal System with Asymmetric Information", *Journal of Environmental Economics and Management*, 39: 224-241.

**Ulph, A. et D. Ulph** (1995), "Trade, Strategic Innovation and Strategic Environmental Policy - A general Analysis", dans *Environmental Policy and Market Structure.* C. Carraro, Y. Katsoulacos et A. Xepapadeas, édrs. Kluwer Academic Publishers, 181-208.

# Annexe

**Expression de $W^{i'}(p)$.** Remarquons que ce programme est de la forme :

$$W^i(p) = \max_{\{z\}} \quad f(z,p), \quad \text{s.c. } \; g(z(p)) \leq \bar{E} + \nu\Delta\theta\overline{z}^0(p),$$

avec $\mu$ le multiplicateur de l'unique contrainte. Alors,

$$W^{i'}(p) = \frac{\partial f(z(p),p)}{\partial p} + \mu \frac{dg(z(p))}{dz}\frac{dz}{dp},$$

et

$$\frac{\partial f(z(p),p)}{\partial z} - \mu \frac{dg(z(p))}{dz} = 0.$$

Or, $g(z(p)) = \bar{E} + \nu\Delta\theta\overline{x}^0(p)$. Ainsi, $\frac{dg(z(p))}{dz} = \frac{\nu\Delta\theta\frac{d\overline{x}^0(p)}{dp}}{\frac{dz}{dp}}$, ce qui nous donne

$$W^{i'}(p) = x_m^\beta \bar{K}^{1-\beta} - C_m + \mu\nu\Delta\theta\overline{x}^{0'}(p).$$

■

**Signe de $\overline{x}^{0'}(p)$.** Nous avons $\overline{x}^0(p) = \overline{x}^i(p) = \frac{\eta^i - \mu^i\tilde{\bar{\theta}}}{\gamma}$. En utilisant $(\Psi^i)$, l'expression de $\overline{x}^0(p)$ devient $\overline{x}^0(p) = \bar{E} - \frac{\nu}{1-\nu}\frac{\Delta\theta\mu}{\gamma}\underline{\theta}$. Ainsi, $\overline{x}^{0'}(p) = -\frac{\nu}{1-\nu}\frac{\Delta\theta\underline{\theta}}{\gamma}\mu'(p) < 0$ car $\mu'(p) > 0$. ■