

Localisation des firmes multinationales et environnement : entre contrainte imposée et responsabilité incitée

Fabrice DARRIGUES
CATT, UPPA
fabrice.darrigues@univ-pau.fr

Jean-Marc MONTAUD
CATT, UPPA
jean-marc.montaud@univ-pau.fr

Résumé :

Cet article explore les liens entre environnement, mondialisation et localisation géographique des firmes multinationales. Nous développons un modèle en concurrence monopolistique, avec mobilité du capital, dans lequel sont intégrées des sensibilités écologiques variables du côté du consommateur (de localement restreinte à globale) ainsi que la possibilité pour les firmes de choisir entre une technologie standard ou propre. Dans ce contexte, nous montrons que des politiques publiques (taxe carbone ou réglementation) ainsi qu'une conscience accrue en matière environnementale ont un impact majeur sur l'adoption d'une technologie propre, sur la délocalisation des activités polluantes et *in fine* sur la qualité de l'environnement, envisagé ici comme bien public mondial.

Abstract:

This article explores the links between environment, globalization and geographical location of the multinational firms. We develop a model in monopolistic competition, with capital mobility, in which are integrated consumers' ecological sensitivities (from regionally restricted to global) and firms' technological choice (standard or clean technology). In this context, we show that public policies (carbon tax or regulation) as well as an increasing environmental consciousness have a major impact on the adoption of a clean technology, on the relocation of the polluting activities and *in fine* on the environmental quality, considered here like global public good.

JEL Classification : F12, F15, F23, Q56

Mots clés : Intégration économique, agglomération, firmes multinationales, environnement.

1. Introduction

En étendant les possibilités de multinationalisation des entreprises, le processus de mondialisation a élargi les territoires économiques nationaux, soulevant ainsi la question des déterminants de la localisation géographique des firmes et de leurs liens avec les mécanismes de régulation en place. Parallèlement, avec la montée en puissance des pays émergents, les externalités négatives du développement économique se sont progressivement déplacées du niveau national (prélèvements de ressources, pollutions, nuisances sonores, risques industriels, etc.) au niveau global (effet de serre, réchauffement climatique, épuisement des ressources). Ce rappel brutal du caractère rare des ressources mondiales et de la fragilité de l'environnement soulève alors plus que jamais la question de l'intégration de la contrainte environnementale dans les choix économiques des agents. Les accords de Kyoto (1992), la conférence sur le développement durable de Johannesburg (2002), ou le dernier sommet de Copenhague (2009) témoignent ainsi de ce consensus de plus en plus partagé d'une responsabilité environnementale globale.

L'objectif de ce travail est d'explorer les liens entre mondialisation, localisation géographique des firmes et prise en compte des variables environnementales. Dans cette perspective, deux angles d'approche complémentaires sont privilégiés.

Le premier, largement débattu dans la littérature économique, s'intéresse à la question de l'impact des régulations environnementales imposées aux agents sur la géographie des activités. Il s'agit principalement de comprendre dans quelle mesure des différentiels nationaux de régulation (réglementation, normes, fiscalité, etc..) peuvent inciter à la délocalisation des activités polluantes ou à l'exportation de technologies devenues obsolètes au regard des normes en vigueur. Dans un contexte d'ouverture croissante des économies, ces politiques nationales peuvent en effet devenir un enjeu stratégique entre les nations au même titre que les considérations fiscales ou les coûts du travail (hypothèse du « *havre de pollution* »). Notre second angle d'approche, nouvellement exploré dans la littérature économique, repose sur l'idée que la contrainte environnementale n'est pas seulement imposée aux entreprises mais est de plus en plus incitée par les mécanismes de marché. Le plus important d'entre eux semble être l'inclination de plus en plus forte des consommateurs vers des produits plus respectueux de l'environnement qui peut orienter les entreprises dans leur choix de production ou d'investissement (hypothèse de la *Responsabilité Environnementale des Entreprises*). Cette perception de la qualité de l'environnement dans l'opinion publique peut alors être supposée restreinte localement (*hypothèse égoïste du « Not In My Back Yard »*) ou plus large (*hypothèse altruiste du Bien Public Mondial*). Dans tous les cas, elle contribue certainement à inciter les entreprises à s'autoréguler environnementalement et/ou à influencer la géographie mondiale des activités polluantes.

Ces activités les plus polluantes étant en général caractérisées par de la concurrence imparfaite, des rendements d'échelle croissants et des coûts à l'échange élevés¹, le cadre théorique choisi est celui de la concurrence imparfaite. Fondement des modèles de la *Nouvelle Economie Géographique*, il offre l'avantage de mettre en évidence le jeu des forces déterminant la localisation des activités de production dans un contexte de réduction des coûts à l'échange qui accompagne la mondialisation. L'une des difficultés sera alors d'y intégrer les problématiques environnementales.

La première section situe l'analyse dans la littérature économique existante. La deuxième, explicite les choix retenus pour intégrer les problématiques environnementales dans un modèle de concurrence monopolistique avec mobilité du capital. La troisième section tire les enseignements du modèle à travers la simulation de différents scénarios permettant de tester les différentes hypothèses évoquées plus haut.

¹ Zeng et Zhao [2009].

2. Mondialisation et performance environnementale des firmes multinationales

Régulations environnementales nationales et choix de localisation des firmes : l'hypothèse controversée du Havre de Pollution

La question des effets de la régulation environnementale dans un contexte de libéralisation commerciale s'est imposée au début des années 1980 à travers l'*Hypothèse du Havre de Pollution* (HPH) (Walter [1982]; Pearson [1985, 1987]). Les fondements de cette hypothèse sont que les coûts supplémentaires de la régulation modifient les avantages comparatifs traditionnels en faveur de pays plus souples en termes de protection environnementale. Dans un contexte de parfaite mobilité du capital, la tendance naturelle à l'égalisation des taux de profit peut ainsi conduire les activités polluantes à se délocaliser vers ces havres de pollution où la rentabilité marginale du facteur capital est supérieure et à exporter leurs produits vers le reste du monde (Eskeland et Harrison [2003]).

L'HPH a suscité un engouement certain dans la littérature économique car elle écorne le dogme du libre-échange et le présente comme potentiellement néfaste pour l'environnement en présence d'un différentiel de régulation Nord-Sud. Elle s'avère toutefois difficile à vérifier empiriquement. Seul un petit nombre d'études valide un effet de la régulation environnementale sur la localisation des firmes, la grande majorité révélant au mieux un effet réduit ou partiel². A titre d'exemple, List et Co [2000], Keller et Levinson [2002] ou Cole et Elliot [2005] trouvent un effet modéré des abattements de coûts de la régulation environnementale sur les IDE aux USA. Eskeland et Harrison [2003] confirment partiellement l'HPH pour les industries multinationales polluant l'atmosphère au Mexique, Venezuela, Maroc et Côte d'Ivoire ; Hanna [2004] relève que les multinationales américaines réagissent négativement au renforcement de la régulation environnementale (*Clean Air Act Amendments*) sans toutefois trouver un lien significatif avec leur implantation dans des pays du Sud. Dean et al. [2009] valident l'HPH en Chine mais seulement pour les investisseurs originaires des pays en voie de développement et non pour ceux originaires des pays industrialisés. Certaines études aboutissent même à des résultats contraires aux effets attendus (Kalt [1988], Grossman et Krueger [1993], Osang et Nandy [2000], Javorcik et Wei [2004], Raspiller et Riedinge [2008]) et montrent que les firmes polluantes se délocalisent là où la régulation est la plus forte.

La première explication avancée pour interpréter cette difficulté à valider empiriquement l'HPH met en cause les limites des techniques économétriques mises en œuvre (Jeppesen et Folmer [2001], Levinson et Taylor [2008]). Celles-ci sont multiples et peuvent provenir notamment de l'imperfection des proxys choisis³ ou de l'existence de biais d'agrégation. Mais, à côté de ces explications techniques, un autre argument, plus général, a été avancé. Il part de l'idée que la régulation environnementale n'est pas le seul déterminant des liens entre commerce, localisation des FMN et performance environnementale. Dans cet esprit, Copeland et Taylor [2004] proposent de distinguer le *Pollution Haven Effect* (HPE) et la *Pollution Haven Hypothesis* (HPH). Si le premier est difficilement discutable, il n'implique pas obligatoirement l'existence de la seconde. En présence de forces contraires, les coûts de la régulation environnementale peuvent s'avérer insuffisants pour déterminer complètement la localisation des entreprises⁴. Lorsque ces autres forces sont nettement

² Voir par exemple Jeppesen et al. [2002] pour une revue de la littérature sur ces études empiriques.

³ La localisation des firmes est approchée par les flux commerciaux de biens standards (Copeland et Taylor [2004], Grether et de Melo [2004], Jaffe et al. [1995], Scholz et Stahler [1999]) ou par les IDE (Wagner et Timmins [2009]). Leur performance environnementale est estimée par les dépenses de réduction de pollution où à partir des normes standards d'émission par secteur (Eskeland et Harrison [2003], Xing et Kolstad [2002]). La mesure et la comparaison des différentiels de régulation entre les pays restent également difficiles (Hanna [2004] ; Eskeland et Harrison [2003] ; Cole et Elliot [2005]).

⁴ Ederington, Levinson et Minier [2005] montrent par exemple que pour la plupart des industries les réductions de coûts de pollution sont une faible composante des coûts totaux.

supérieures, il est même possible d'interpréter les résultats contre-intuitifs montrant un lien positif entre renforcement de la contrainte environnementale et attraction des activités polluantes.

Libéralisation commerciale et performance environnementale des firmes comme éléments d'une dynamique complexe

Dans les années quatre-vingt-dix, les recherches en économie internationale ont conduit à éclairer la multiplicité des mécanismes à l'œuvre concernant l'impact de la libéralisation commerciale sur l'environnement en identifiant trois canaux principaux (Grossman et Krueger [1993] ; Copeland et Taylor [1994] ; Antweiler et al. [2001], Cole et Eliot [2003] et Copeland et Taylor [2004]). Le premier, l'effet *d'échelle*, pose que la libéralisation commerciale augmente le niveau global des dégradations environnementales en élargissant la frontière des possibilités de production et en stimulant la croissance économique. Le deuxième, l'*effet de composition*, découle de la modification de l'allocation des ressources productives induite par la libéralisation et de l'incitation des activités polluantes à se localiser dans les régions les mieux dotées en facteur capital⁵. Cet effet a alors un impact ambigu sur l'environnement. Positif pour le pays qui voit ces activités s'expatrier, il est négatif pour celui qui les accueille. Si ce dernier a une régulation environnementale plus forte (ce qui est en général le cas pour les pays développés mieux dotés en capital), l'HPH est invalidé et le bénéfice environnemental net global sera positif⁶. Le troisième effet, l'*effet technique*, est de nature plus complexe. Traduisant le fait que la libéralisation commerciale favorise l'adoption de techniques plus respectueuses de l'environnement, il passerait lui-même par plusieurs mécanismes. Du côté de l'offre, il repose sur l'hypothèse que la libéralisation stimule le transfert international de technologie. Ce transfert peut se faire directement, par l'échange de technologies propres ou de biens d'équipement incorporant ces technologies et/ou par les investissements directs étrangers. Eskeland et Harrison [2003] montrent par exemple que les multinationales sont plus respectueuses de l'environnement que les firmes locales. Il peut également se faire indirectement par les *spillovers* technologiques à l'œuvre lors d'un processus d'agglomération (Wagner et Timmings [2009]) ou sous la pression qu'exerce la réglementation environnementale sur les coûts de production (Porter et Van der Linde [1995])⁷. Du côté de la demande, l'effet technique, repose sur l'hypothèse qu'avec l'augmentation de leur niveau de vie les consommateurs deviennent plus sensibles à l'environnement⁸ et incitent les entreprises à investir dans des technologies plus propres.

L'hypothèse d'une autorégulation des entreprises ?

L'HPH repose implicitement sur une conception de l'environnement en termes de bien public et l'appréhende à travers le prisme d'une régulation imposée aux agents. La nature des effets précédents révèle toutefois qu'il peut exister des mécanismes de marché incitant les firmes à améliorer leurs performances environnementales en dehors de tout cadre coercitif. C'est le fondement de l'hypothèse de l'*autorégulation environnementale des entreprises* (Hettige et al. [1996], Christman et Taylor [2001], Graham et Woods [2006]). L'éventualité d'un tel comportement permet en effet de comprendre pourquoi certaines entreprises multinationales ont un niveau élevé de performances environnementales dans un contexte de faible

⁵ Ces activités polluantes étant par nature plus intensives en capital (Manni et Wheeler [1998]).

⁶ Antweiler et al [2001] propose de tester cette hypothèse (FEH).

⁷ Selon « l'hypothèse de Porter », des réglementations environnementales strictes doivent ainsi avoir un impact positif sur la productivité des firmes touchées. Porter et Van der Linde [1995] ont ainsi montré que si une réglementation environnementale augmente les coûts de dépollution des firmes, elle les pousse également à innover et à adopter de nouvelles technologies.

⁸ McAusland [2008] mène une revue de la littérature sur les liens entre comportement de consommation environnementale et revenu. Souvent vérifié empiriquement au niveau microéconomique, ce lien sous-tend parallèlement en partie l'hypothèse macroéconomique (controversée) de la courbe de Kuznets environnementale selon laquelle la croissance économique aurait un effet initial positif sur la pollution. Mais, à partir d'un certain seuil, le développement économique augmenterait la demande de biens respectueux de l'environnement et inverserait la tendance (Grossman et Krueger [1993, 1995]).

régulation et pourquoi les initiatives volontaires privées, telles que l'adhésion à des codes de conduites environnementaux⁹ ou à des certifications internationales de type ISO14000¹⁰ semblent se multiplier ces dernières années. Cette littérature rejoint alors en partie celle, plus vaste, en Sciences de Gestion, concernant la *Responsabilité Sociale des Entreprises* (RSE) (Freeman et Werhane [1999]). Dans cette approche, l'entreprise n'est plus seulement considérée comme un centre de profit cherchant à maximiser les intérêts de ses actionnaires (les *Shareholders*) mais comme une organisation aux responsabilités multiples envers toutes les parties prenantes (les *Stakeholders*) qui interagissent avec ses activités. Parmi ces *Stakeholders* on peut trouver les consommateurs, les investisseurs, les partenaires commerciaux, les employés, les ONG, les communautés locales ou les différentes institutions publiques avec lesquelles les entreprises interagissent (Mazurkiewicz [2004], Graham et Woods [2006]). Chacune de ces entités ayant des attentes spécifiques, les entreprises peuvent être incitées à adopter volontairement des comportements éthiques conformes à l'intérêt général¹¹. Dans ce contexte, la performance environnementale de leurs produits ou de leurs processus de production peut ainsi devenir un critère de bonne gestion, un élément essentiel d'une stratégie globale de management du risque (O'Rourke [2003]). La *Responsabilité environnementale des entreprises* peut ainsi apparaître comme un élément de différenciation et un avantage concurrentiel pour des consommateurs mieux informés, plus éco-citoyens et plus vigilants aux contenus des produits qu'ils consomment, (Mironiuc [2008]). De même, elle peut s'avérer une stratégie rationnelle face à certains investisseurs qui font du respect de l'environnement l'une des conditions de l'octroi de capitaux (*Ethical screened funds*), ou l'une de leurs lignes de conduite directrices au sein des conseils d'administration (*Shareholders advocacy*)¹². Enfin, elle peut également être mise en avant comme un élément constitutif d'une culture d'entreprise remportant l'adhésion des employés. Dans ce cadre, il est possible d'expliquer pourquoi certaines maisons mères des FMN peuvent être incitées à transférer vers leurs filiales les technologies propres qu'elles ont développées en réponse aux exigences de régulation dans leur pays d'origine (Porter et Van der Linde [1995]) et à sélectionner leurs fournisseurs locaux en fonction de standards environnementaux minimum.

Pour que la *Responsabilité environnementale des entreprises* soit crédible et ne soit pas perçue comme une simple opération de communication, il faut toutefois qu'elle s'inscrive dans un cadre clairement défini et que les *stakeholders* disposent d'une information complète et fiable. C'est dans cet esprit que l'on a vu se développer plusieurs initiatives ces dernières années (OECD [2000], Mazurkiewicz [2004], Uting [2008]). On peut citer par exemple, les efforts de systématisation et de mise en cohérence des initiatives individuelles à travers la mise en œuvre d'un processus de certification (normes ISO14001, ISO 26000), ou les incitations croissantes au *Reporting* environnemental pour les entreprises¹³. En France, depuis l'application de la loi sur les Nouvelles Régulations Economiques (Loi dite NRE du 15 mai 2001), l'activité de *reporting* est désormais obligatoire pour les entreprises cotées en bourse. Le projet Grenelle II propose également d'obliger les entreprises à faire figurer les informations sur les conséquences sociales et environnementales de leurs activités.

⁹ Pour les éléments de ces codes de conduites voir Haufler [2001], OCDE [2000], Mazurkiewicz [2004], Mironiuc M. [2008], Florini [2003].

¹⁰ Voir par exemple Wilson [1998]

¹¹ Graham et Woods [2006] évoquent que l'un des déterminants de l'autorégulation des firmes peut être l'altruisme ou le désir de conformité de la part des entrepreneurs. Les firmes obéiraient à des codes de conduite éthiques considérés comme légitimes et auxquels les dirigeants désirent se conformer car ils font désormais partie du contexte culturel et institutionnel dans lequel ils évoluent (Ruggie [2003]).

¹² Pour des exemples de ce type d'actions, voir par exemple le Social Investment Forum.

¹³ Dans cet esprit, on peut citer le Global Reporting Initiative (GRI) dont l'objectif est de développer des indicateurs standardisés sur les performances sociales et environnementales des entreprises (voir <http://www.globalreporting.org/>). Eccles et Krzus [2010] proposent également de mettre en place une norme internationale imposant aux entreprises de produire un rapport unique intégrant les aspects financiers et les aspects liés au développement durable.

2. Le modèle

Depuis Krugman [1991], la concurrence monopolistique représente un cadre d'analyse privilégié des interactions entre libéralisation des échanges et localisation des firmes. La confrontation de forces antagonistes détermine la concentration ou la dispersion des activités productives entre deux régions. Si ces modèles ont donné lieu à de très nombreuses extensions, rares sont les tentatives d'y introduire une dimension environnementale¹⁴.

Concurrence imparfaite, performance environnementale et mobilité des firmes industrielles

On considère une économie mondiale composée de deux régions identiques (indiquées h ou f), dotées de la même quantité de facteurs production et possédant deux activités de production, agricole (A) et industrielle (I). Le secteur agricole produit en concurrence pure et parfaite un bien homogène à partir du seul facteur travail. La production industrielle nécessite du travail et du capital, dans un contexte de concurrence monopolistique à la Dixit et Stiglitz [1977]. Le bien industriel est donc différencié horizontalement, chaque firme se spécialisant en une unique variété en raison de la présence d'économies d'échelle. Le facteur capital est supposé parfaitement mobile internationalement (Baldwin et al. [2003]), offrant aux firmes industrielles la possibilité de se relocaliser¹⁵. Chaque région héberge donc des firmes industrielles nationales et étrangères. En supposant des dotations initiales identiques entre les deux régions, la répartition inter-régionale du capital est :

$$\bar{K} = K_{hh} + K_{hf} \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (1) \text{ et } (2)$$

où K_{hh} est le capital de h restant en h et K_{hf} le capital de h se délocalisant dans la région f

Le travail étant utilisé dans la production du bien industriel (L_I) et du bien agricole (L_A) mais immobile internationalement, on a également :

$$\bar{L} = L_{Ah} + L_{Ih} \quad \forall h = 1,2 \quad (2) \text{ et } (3)$$

Où L_{Ah} et L_{Ih} est la quantité de travail utilisée respectivement dans l'agriculture et dans l'industrie

Le bien agricole servant ici de numéraire, la maximisation du profit et l'hypothèse d'une parfaite mobilité entre les deux secteurs impliquent que le salaire est posé à l'unité dans les développements qui suivent : $w_A = w_I = 1$

Les firmes industrielles sont supposées avoir un impact sur l'environnement lors de leur activité de production. Conformément aux approches traditionnelles (Cropper et Oates [1992]), l'environnement est ici envisagé comme un bien public pur dont le stock est donné mais dont la qualité se dégrade en fonction du niveau de pollution industrielle. Cette dernière est ici considérée comme une externalité négative, quantifiable, émise de manière décentralisée par l'ensemble des firmes industrielles et subie de manière indivisible par l'ensemble de la communauté. Pour chaque variété industrielle produite, on suppose qu'il existe deux catégories de biens reflétant une différence de performance environnementale : un bien « standard » générant un flux de pollution élevé (e^d par unité produite) et un bien « propre » obtenu grâce à une technologie plus respectueuse de l'environnement et générant un flux de pollution faible (e^c par unité produite, avec $e^c < e^d$). Chaque firme industrielle peut choisir de produire l'une ou l'autre de ces catégories de biens en acquérant (ou non) un brevet de technologie propre.

Les fonctions de coût des entreprises produisant le type « standard » d'une variété industrielle i s'écrivent dans chaque région:

¹⁴ Voir Rieber et Tran [2008] par exemple.

¹⁵ On suppose que les firmes industrielles puisent leur main d'œuvre dans le secteur agricole de la région où elles s'installent et que le stock est suffisamment important pour ne pas compromettre l'existence du secteur agricole.

$$CT_{hi}^d = \delta_h \pi_h^d + \varphi_h x_{hi}^d \quad \forall h = 1,2 \quad (4) \text{ et } (5)$$

et celles des entreprises produisant le type « propre » de la variété industrielle i :

$$CT_{hi}^c = \delta_h \pi_h^c + \varphi_h x_{hi}^c + \psi_h \quad \forall h = 1,2 \quad (6) \text{ et } (7)$$

où δ_h indique le nombre d'unités de capital entrant dans le processus de production et φ_h la quantité de travail incorporé dans une unité de produit. x_{hi}^d (respectivement x_{hi}^c) mesure la quantité produite d'une variété i par une firme polluante (respectivement propre) du pays h , tandis que π_h^d (respectivement π_h^c) représente la rémunération nominale du capital utilisé¹⁶ dans le sous-secteur des firmes polluantes (respectivement des firmes propres). Pour finir, ψ_h mesure le coût de l'adoption d'une technologie propre.

Sensibilité environnementale des consommateurs

Du côté de la demande, les consommateurs sont supposés posséder une préférence pour la qualité de l'environnement. Cette préférence se révèle objectivement dans leurs choix de consommation¹⁷ par l'arbitrage entre les catégories « propre » et « standard » de chaque variété industrielle (dont on suppose les caractéristiques environnementales intrinsèques mesurables et connues parfaitement). Dans ce contexte, même si ce sont les choix de production qui déterminent *in fine* la qualité de l'environnement, c'est la sensibilité écologique des consommateurs qui, en amont, permet de réduire les externalités négatives liées à cette production. La modélisation de ce comportement de demande s'inspire de Beaumais et Schubert [1994, 1996 et 1999]¹⁸. Chaque consommateur dans chaque région est supposé disposer d'une fonction d'utilité U_h de type Cobb-Douglas :

$$U_h = C_{Ih}^\beta C_{Ah}^{1-\beta} \quad \forall h = 1,2 \quad (8) \text{ et } (9)$$

Où C_{Ih} et C_{Ah} représentent respectivement la consommation totale de bien industriel et de bien agricole. β reflète la structure de la consommation (avec $0 < \beta < 1$).

Chaque variété de bien industriel pouvant être décomposée selon deux critères (la localisation de sa production et sa performance environnementale), les consommateurs de chaque région peuvent donc choisir entre quatre types possibles d'une même variété i . Conformément à l'hypothèse de rationalité environnementale, on suppose que la consommation totale de biens industriels prend la forme d'une fonction CES qui révèle les préférences pour la catégorie « propre » de chaque variété. Pour un consommateur d'une région donnée, elle s'écrit¹⁹ :

$$C_{Ih} = \left[\zeta_{hh}^d \sum_{i=1}^{n_h^d} c_{hhi}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \zeta_{hh}^c \sum_{i=1}^{n_h^c} c_{hhi}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \zeta_{hf}^d \sum_{i=1}^{n_f^d} c_{hfi}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \zeta_{hf}^c \sum_{i=1}^{n_f^c} c_{hfi}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (10) \text{ et } (11)$$

où c_{hhi}^d (respectivement c_{hhi}^c) représente la consommation pour un consommateur de h d'une variété i standard (respectivement propre) produite localement, c_{hfi}^d (respectivement c_{hfi}^c) représente la consommation pour un consommateur de h d'une variété i standard (respectivement propre) produite dans la région f , $n_h^d, n_h^c, n_f^d, n_f^c$ correspondent au nombre de firmes produisant des variétés standards et propres dans chaque région et $\sigma > 1$ l'élasticité de substitution entre les catégories de biens.

¹⁶ A la manière de Forslid [1999], le coût fixe est composé du seul facteur capital même si le secteur industriel utilise du capital et du travail.

¹⁷ Les déterminants amont de la préférence pour l'environnement des consommateurs peuvent-être multiples et de différentes natures (l'adhésion à des valeurs collectives, la recherche de sens, la responsabilité morale, etc.) que nous n'aborderons pas ici. Dans la tradition de la théorie des préférences révélées au sens de Samuelson, nous supposons que les choix de consommation induits suffisent à révéler cette rationalité environnementale pourvu qu'ils soient parfaitement informés. Seuls les produits industriels sont supposés concernés ici.

¹⁸ Voir également Chiroleu-Assouline et al. [2004] ou Ragot [1997].

¹⁹ Les consommateurs d'un pays étant identiques, il est équivalent d'introduire la perception de la pollution à un niveau individuel ou collectif.

La sensibilité environnementale du consommateur est définie par le terme ζ situé devant la consommation de chacun des quatre types de biens d'une variété. On suppose qu'elle prend la forme suivante :

$$\zeta_{hh}^d = \frac{D_h^{\max} - \mu_h e_h^d \sum_{i=1}^{n_h^d} x_{hi}^d}{D_h^{\max}} \quad \forall h = 1,2 \quad (12) \text{ et } (13)$$

$$\zeta_{hh}^c = \frac{D_h^{\max} - \mu_h e_h^c \sum_{i=1}^{n_h^c} x_{hi}^c}{D_h^{\max}} \quad \forall h = 1,2 \quad (14) \text{ et } (15)$$

$$\zeta_{hf}^d = \frac{D_h^{\max} - \nu_h e_f^d \sum_{i=1}^{n_f^d} x_{fi}^d}{D_h^{\max}} \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (16) \text{ et } (17)$$

$$\zeta_{hf}^c = \frac{D_h^{\max} - \nu_h e_f^c \sum_{i=1}^{n_f^c} x_{fi}^c}{D_h^{\max}} \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (18) \text{ et } (19)$$

Cette sensibilité dépend en premier lieu du niveau maximal de tolérance de dégradation de l'environnement dans chaque région (D_h^{\max}). Il s'agit d'un seuil-plafond légal, résultant d'une contrainte gouvernementale. Elle est conditionnée en second lieu par les flux de pollution générés par la production de chaque type de biens concernés, à savoir $e^d x_{1i}^d, e^c x_{1i}^c, e^d x_{2i}^d$ et $e^c x_{2i}^c$. A ce stade, on introduit une distinction dans le modèle en considérant que, plus que la pollution objective, c'est la pollution *perçue* par les consommateurs qui détermine leur choix de consommation. Cette perception est alors supposée différente selon que la pollution est émise localement ou émise à l'étranger. Elle est définie par le paramètre μ qui pondère les flux de pollution émis pour la fabrication des variétés domestiques et par le paramètre ν qui pondère ceux émis par des firmes localisées à l'étranger. En supposant qu'un consommateur attache plus d'importance à la pollution locale (qui le concerne directement) qu'à la pollution étrangère, nous posons que $\nu_h \leq \mu_h \quad \forall h$. Au final, avec ce type de choix de modélisation, pour $\zeta=0$ la sensibilité environnementale des consommateurs est maximale. Le niveau de pollution ressentie est égal au seuil maximal tolérable et les consommateurs ne retirent aucune utilité en consommant le bien industriel. A l'inverse, pour $\zeta = 1$, la sensibilité des consommateurs est négligeable et n'influe pas sur leur choix.

Coûts à l'échange et variables de politiques commerciales et environnementales

Le bien agricole est supposé librement échangeable. A l'opposé, les biens industriels subissent des coûts à l'échange intra et inter-régionaux envisagés ici à la manière de Samuelson [1954] comme des coûts de type *iceberg*.

Les coûts à l'échange intra-régionaux peuvent être envisagés comme des variables potentielles de politiques publiques nationales (taxe carbone, par exemple). Ces coûts se différencient en fonction de la performance environnementale des biens. Ainsi, lorsqu'une variété « standard » (respectivement « propre ») produite dans la région h est consommée localement, le coût à l'échange entre le lieu de production et le lieu de consommation est égal à τ_h^d (respectivement τ_h^c).

Le même raisonnement prévaut pour les coûts à l'échange inter-régionaux. S'ils sont en partie déterminés par des variables de politiques commerciales (comme des tarifs *ad valorem*), ils peuvent tout

aussi bien être conditionnés par des instruments de politiques environnementales nationales. De la sorte, τ_{hf}^d (respectivement τ_{hf}^c) représente le coût à l'échange lorsque la région h importe une variété « standard » (respectivement « propre ») produite dans la région f . Par ailleurs, nous supposons que ces différents coûts à l'échange sont supérieurs à l'unité et que les coûts intra-régionaux sont inférieurs aux coûts inter-régionaux.

Caractérisation de l'équilibre : offre, demande, prix et rémunération des facteurs

En concurrence monopolistique, le prix est égal au coût marginal augmenté d'un *mark-up*²⁰ représentant le pouvoir de monopole du producteur. La maximisation du profit de chaque firme donne le prix d'équilibre d'une variété dans chaque région^{21 22}.

$$p_h^c = p_h^d = \frac{\sigma}{\sigma-1} \varphi_h = 1 \quad \forall h = 1,2 \quad (20) \text{ et } (21)$$

A l'équilibre, l'offre est égale à la demande pour chaque type de variété dans chaque région.

$$x_{hi}^d = D_{hi}^d \Leftrightarrow x_h^d = \frac{(\zeta_{hh}^d)^\sigma (\tau_h^d)^{1-\sigma}}{G_h^{1-\sigma}} \beta Y_h + \frac{(\zeta_{fh}^d)^\sigma (\tau_{fh}^d)^{1-\sigma}}{G_f^{1-\sigma}} \beta Y_f \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (22) \text{ et } (23)$$

$$x_{hi}^c = D_{hi}^c \Leftrightarrow x_h^c = \frac{(\zeta_{hh}^c)^\sigma (\tau_h^c)^{1-\sigma}}{G_h^{1-\sigma}} \beta Y_h + \frac{(\zeta_{fh}^c)^\sigma (\tau_{fh}^c)^{1-\sigma}}{G_f^{1-\sigma}} \beta Y_f \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (24) \text{ et } (25)$$

Les quantités globales demandées sont obtenues par agrégation des fonctions de demande individuelles, elles-mêmes déterminées par la maximisation sous contrainte de l'utilité. La demande en valeur se compose donc d'une demande locale et d'une demande étrangère. Elle dépend des sensibilités environnementales des consommateurs, des différents coûts de transport envisagés et des indices de prix de chaque région G_h et G_f , mesurant le coût d'achat du bien manufacturé composite dans les pays h et f et définis par²³ :

$$G_h = \left[n_h^d (\zeta_{hh}^d)^\sigma (\tau_h^d)^{1-\sigma} + n_h^c (\zeta_{hh}^c)^\sigma (\tau_h^c)^{1-\sigma} + n_f^d (\zeta_{hf}^d)^\sigma (\tau_{hf}^d)^{1-\sigma} + n_f^c (\zeta_{hf}^c)^\sigma (\tau_{hf}^c)^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (26) \text{ et } (27)$$

Elle dépend également du revenu des consommateurs (Y_h et Y_f) dans chaque région²⁴ :

$$Y_h = \bar{L} + \pi_h K_{hh} + \pi_f K_{hf} \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (28) \text{ et } (29)$$

où π_h est la rémunération nominale du facteur capital dans la région h

Le capital ne portant que sur les coûts fixes, cette rémunération nominale à court terme correspond au surplus ricardien d'une firme, *i.e.* au profit d'exploitation lié à la production d'une variété. On a donc pour

²⁰ La subjectivité introduite par les poids ζ dans la fonction d'utilité n'affecte pas le *mark-up*.

²¹ Dans notre formalisation, les prix des variétés « propres » et « standards » sont identiques. Elles ne se distinguent, pour le consommateur, que par le niveau de pollution qu'elles génèrent et n'impliquent pas l'idée d'un consentement à payer supplémentaire pour les produits « propres ».

²² Par souci de simplification, puisque l'objet de l'étude ne porte pas sur d'éventuels différentiels de productivité entre les régions, nous supposons que les processus productifs sont identiques dans les deux pays et choisissons $\delta_h = \delta_f = 1$ et $\varphi_h = \varphi_f = (\sigma-1)/\sigma$.

²³ Cet indice est ici *subjectif* puisque, *ceteris paribus*, lorsqu'un poids ζ , mesurant la perception de la pollution par les individus, se rapproche de l'unité (*i.e.* absence de perte d'utilité), G_h décroît et le niveau de vie augmente *qualitativement*.

²⁴ Les consommateurs sont supposés posséder l'intégralité des facteurs de production et donc percevoir l'intégralité de la rémunération de ces facteurs. Les rendements du capital expatriés sont rapatriés intégralement dans leur pays d'origine.

chaque type de firme :

$$\pi_h^d = \frac{x_h^d}{\sigma} \quad \forall h = 1,2 \quad (30) \text{ et } (31)$$

$$\pi_h^c = \frac{x_h^c}{\sigma} - \psi_h \quad \forall h = 1,2 \quad (32) \text{ et } (33)$$

Dynamique spatiale des firmes

Compte tenu de ce qui précède, chaque firme industrielle est confrontée à un double choix : celui de sa localisation géographique dans l'une ou l'autre des régions et celui de sa technologie de production (propre ou standard). Cette double répartition des firmes est déterminée de façon endogène et simultanée dans le modèle. La distribution géographique se fait en fonction du différentiel de rendement du capital entre les régions²⁵ et une firme polluante n'adopte une technologie plus propre que si son profit d'exploitation avec une technologie polluante est inférieur. Au final, l'égalisation des rémunérations du capital déterminera la répartition des quatre types de firmes dans le monde. Sachant que, par hypothèse, le coût fixe en capital par firme est unitaire, le nombre respectif de firmes propres et standards dans chaque région n_1^d, n_1^c, n_2^d et n_2^c est limité par la quantité de capital disponible :

$$n_h^d + n_h^c = K_{hh} + K_{fh} \quad \forall h = 1,2 \quad f = 1,2 \text{ et } h \neq f \quad (34) \text{ et } (35)$$

Par ailleurs, l'hypothèse de plein emploi étant retenue, le nombre de travailleurs utilisés dans le secteur industriel pour chaque région est :

$$L_h = \frac{\sigma - 1}{\sigma} [n_h^d x_h^d + n_h^c x_h^c] \quad \forall h = 1,2 \quad (36) \text{ et } (37)$$

La parfaite mobilité du capital permet l'égalisation intersectorielle et internationale de la rentabilité de ce facteur. Ainsi, à l'équilibre de long terme nous avons :

$$\pi_h^d = \pi_h^c = \pi_h = \tilde{\pi} \quad \forall h = 1,2 \quad (38) \text{ et } (39)$$

En combinant les équations (30) à (33), nous pouvons écrire que la valeur du rendement du capital à long terme est²⁶:

$$\tilde{\pi} = \frac{\beta Y}{2\sigma \bar{K}} - \Psi \quad (40)$$

avec Ψ le coût global moyen des efforts écologiques des firmes, *i.e.* :

$$\Psi = \psi_1 \frac{n_1^c}{2\bar{K}} + \psi_2 \frac{n_2^c}{2\bar{K}} \quad (41)$$

et βY la part du revenu mondial dévolue à l'acquisition du bien industriel, Y étant donné par la somme des équations (28) et (29), à savoir :

$$Y = 2\bar{L} + 2\tilde{\pi}\bar{K} \quad (42)$$

En incorporant (40) dans (42), nous obtenons :

²⁵ Voir Baldwin et al. [2003] pour plus de détails sur la modélisation de cette dynamique.

²⁶ Voir Rieber et Tran [2008].

$$Y = \frac{2\sigma[\bar{K}\Psi - \bar{L}]}{\beta - \sigma} \quad (43)$$

En remplaçant (43) dans (42), nous déterminons la valeur de la rémunération du capital à long terme :

$$\tilde{\pi} = \frac{\sigma\bar{K}\Psi - \beta\bar{L}}{(\beta - \sigma)\bar{K}} \quad (44)$$

Le rendement du capital ne pouvant être négatif ou nul, l'équation (44) indique que l'on doit avoir impérativement²⁷ :

$$\Psi < \frac{\bar{L}\beta}{\sigma\bar{K}} \quad (45)$$

3. Les simulations

Les principales hypothèses du modèle étant posées, il s'agit à présent d'examiner les interactions entre l'intensité de la mondialisation (représentée ici par le niveau des coûts à l'échange interrégionaux τ_{hf}^c et τ_{hf}^d) et le double choix stratégique des firmes en termes de localisation géographique et de technologie (variables n_1^d, n_1^c, n_2^d et n_2^c). Compte tenu du caractère non linéaire du modèle empêchant toute résolution analytique, nous sommes contraints de recourir à des simulations numériques et de raisonner en statique comparative entre l'équilibre atteint après modification d'une variable exogène et l'équilibre initial. Celui-ci est obtenu en amont par calibrage des principaux paramètres du modèle²⁸ et se caractérise par une symétrie parfaite entre les deux régions en termes de dotations factorielles, de sensibilité environnementale et de partage interne entre firmes propres et polluantes. En ce point, ces dernières sont très largement majoritaires dans chacune des deux régions (environ 93% des firmes).

Les modélisations en concurrence imparfaite reposant sur la mobilité du capital ont montré que la libéralisation commerciale était neutre en termes de localisation des firmes lorsque les deux régions sont identiques²⁹. Rien de tel ici puisque nous simulons des scénarios qui rompent cette symétrie en faisant varier unilatéralement plusieurs variables-clefs susceptibles d'influer sur la répartition spatiale des activités de production ainsi que sur les choix technologiques des firmes. Dans ce cadre discontinu, le processus de mondialisation sera envisagé à travers trois niveaux de coûts à l'échange interrégionaux (fort, moyen et faible) censés représenter trois degrés d'achèvement distincts de la libéralisation commerciale. Au final, cinq simulations reflétant deux canaux de transmission entre environnement, libéralisation commerciale et choix stratégiques des firmes ont été effectuées. Les premières insistent sur les contraintes imposées aux entreprises par la mise en place unilatérale de réglementations environnementales. Les secondes s'intéressent aux incitations qu'une sensibilité écologique croissante des consommateurs au niveau local comme au niveau global provoque sur les entreprises.

²⁷ Les paramètres et variables exogènes seront choisis de façon que nos simulations respectent cette condition.

²⁸ Le calibrage initial du modèle a été effectué à partir des valeurs suivantes des principaux paramètres ($\forall h = 1,2$) : $\beta = 0,8$; $\sigma = 3$; $\bar{K} = 1$; $\bar{L} = 100$; $D_h^{max} = 40$; $e_h^d = 0,8$; $e_h^c = 0,4$, $\psi_h = 12$. Lors des simulations, de nombreux tests de sensibilité ont été effectués sans que cela change le sens des variations des phénomènes.

²⁹ Les traditionnels effets revenus et les prix des modèles de NEG reposant sur la mobilité du travail ne sont alors plus présents. Voir Martin et Rogers [1995] ou Baldwin et al. [2003].

Les forces en présence

Quel que soit le scénario testé, trois effets seront particulièrement à l'œuvre ici. En premier lieu, un effet technique qui joue principalement du côté de la demande. Une sensibilité de l'environnement plus aigüe de la part des consommateurs incite les entreprises à investir dans des technologies plus propres. La théorie prévoit que cet effet est d'autant plus fort que la libéralisation commerciale est poussée. En second lieu, un effet de composition : les entreprises choisissent de se localiser là où l'environnement est le plus en adéquation avec les caractéristiques de leur production. Ainsi, les pays dont les règles environnementales sont plus souples attireront les firmes les plus polluantes et les pays plus concernés par la qualité de l'environnement, les firmes plus vertueuses. Cette réallocation est d'autant plus vraie que les coûts à l'échange sont faibles. Pour finir, un effet d'échelle. Ici, deux forces opposées jouent. D'un côté, comme c'est traditionnellement le cas, le libre-échange stimule la production mondiale (les équations 22 à 25 sont des fonctions décroissantes des coûts à l'échange), ce qui accroît la pollution globale. D'un autre côté, une prise de conscience environnementale de la part des consommateurs ou une action publique en faveur de l'environnement pousse les firmes à adopter une technologie propre. Cette dernière a un coût, ce qui se traduit par une baisse de la rémunération d'équilibre du capital (l'équation 44 est une fonction décroissante de l'effort écologique mondial). Les revenus mondiaux diminuent, ce qui implique une réduction de la production mondiale. Cette dernière joue positivement sur une baisse de la pollution globale. En somme, selon les scénarios retenus, les niveaux des variables-clefs choisis et l'état d'achèvement de la libéralisation, l'effet d'échelle jouera positivement ou négativement sur la pollution. Nos simulations montrent que dans de nombreux cas, l'effet d'échelle contribuera à diminuer la pollution globale, allant dans le sens des effets technique et de composition. Dans les analyses, nous insisterons particulièrement sur les cas où il œuvre de façon traditionnelle (*i.e.* accroissement de la production et donc de la pollution), contrecarrant les deux autres effets.

*Scénarios 1- Libéralisation commerciale et régulations environnementales imposées*³⁰

Scénario 1a- Mise en place d'une taxe carbone nationale

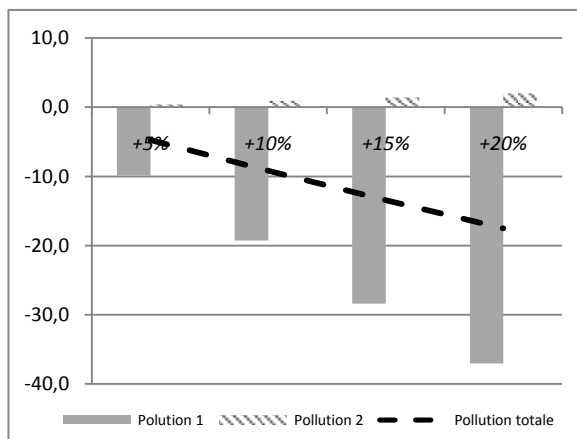
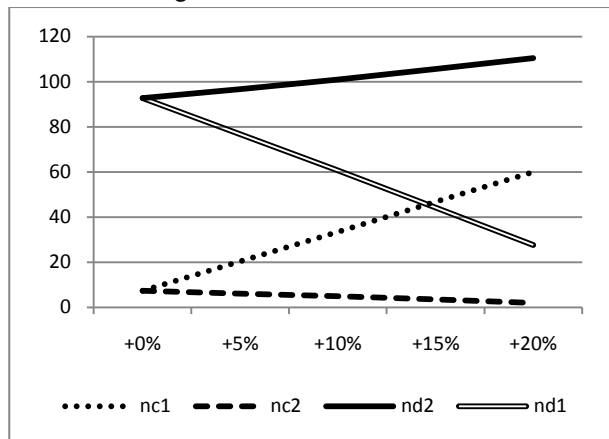
Le premier levier d'action publique envisagé passe par l'adoption unilatérale (arbitrairement, le pays 1) d'une taxe à l'échange spécifique (type taxe carbone). Cette mesure joue alors directement sur les coûts à l'échange intra-nationaux et internationaux des biens polluants produits dans ce pays (variables τ_{21}^d et τ_1^d). Les résultats de cette simulation sont présentés dans les graphiques 1a.

Ils montrent en premier lieu que, à niveau de libéralisation commerciale donné, **la mise en place d'une taxe carbone provoque un phénomène de « havre de pollution » dont l'ampleur est proportionnelle au niveau de la taxe.** L'introduction de cette asymétrie provoque une dynamique endogène d'agglomération des firmes polluantes vers la région où le transport de leurs produits est non taxé, traduisant un changement de spécialisation des pays en fonction des nouveaux avantages comparatifs. Le pays 1 tend à se « spécialiser » dans la production de biens propres et le pays 2 tend à se « spécialiser » dans la production de biens standards. Par ailleurs, il apparaît que **l'intensité de cette dynamique est positivement corrélée au degré d'achèvement du processus de mondialisation.** Plus celui-ci est avancé et plus l'impact de la taxe carbone est fort en termes d'agglomération dans le pays 2. En présence de coûts de transport faibles, une augmentation de 20% de la taxe carbone conduit à une agglomération de près de 65% des entreprises (contre 56% en présence de coûts de transport élevés).

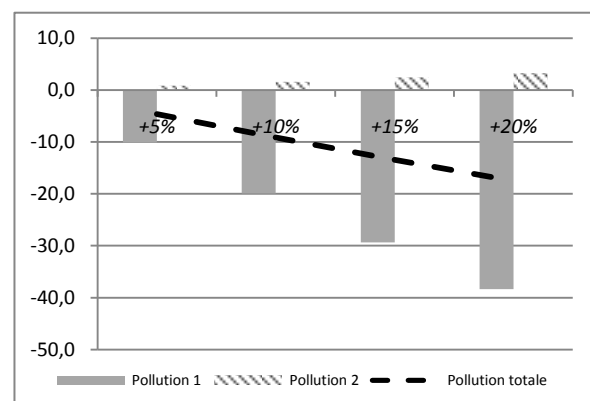
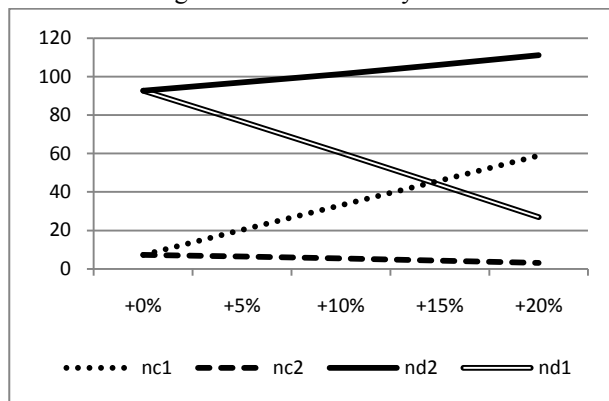
³⁰ Pour ces simulations, $D_I^{max} = 40$, $\mu_h = \nu_h = 0,05 \forall h = 1,2$ et $\psi_1 = 12$ et τ_{21}^d et τ_1^d augmentent de 5% progressivement.

Graphiques 1a-Effets de la mise en place d'une taxe carbone nationale dans la région 1 sur le nombre de firmes propres et polluantes et sur la variation de la pollution dans chaque région selon le niveau de libéralisation commerciale

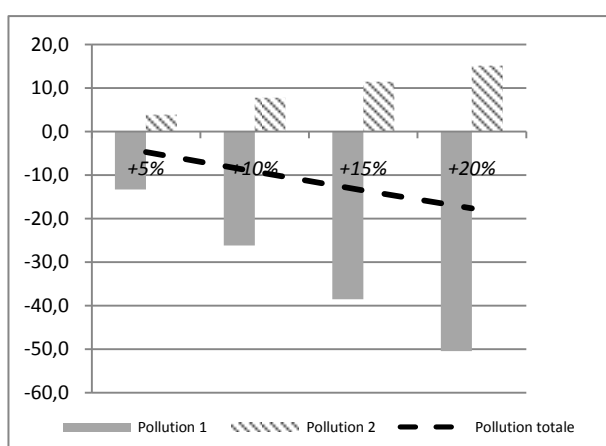
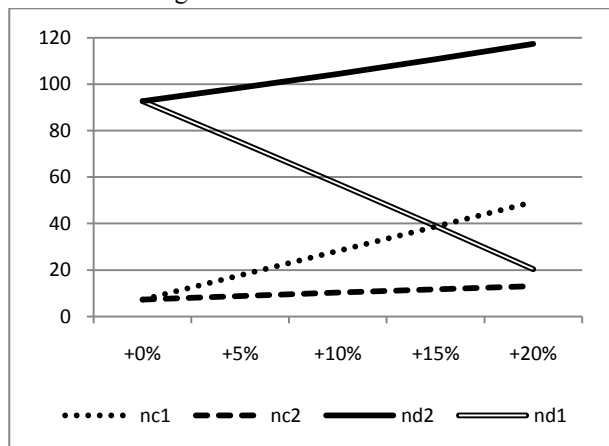
Coûts à l'échange internationaux forts



Coûts à l'échange internationaux moyens



Coûts à l'échange internationaux faibles



En second lieu, les résultats montrent que, à niveau de libéralisation commerciale donné, **la taxe carbone incite les firmes à adopter une technologie propre**. A l'échelle mondiale, le nombre total de firmes polluantes diminue au profit des firmes propres. Pour les trois niveaux de coût de transport simulés, une augmentation de 20% de la nouvelle taxe fait passer la part des firmes propres de 7% du total des firmes à près de 31%. **Cette incitation technologique est alors particulièrement forte dans le pays imposant la taxe et proportionnel au niveau de cette taxe**. Dans le cas d'une augmentation de taxe de 20% leur part dans le nombre de firme total passe de 7,3% à presque 70% Nous retrouvons ici, bien que par des voies

différentes, l'hypothèse de Porter et Van der Linde [1995] selon laquelle une réglementation environnementale dans un pays peut, *ceteris paribus*, inciter les firmes de ce pays à adopter une technique de production plus propre.

Notons que **dans le pays n'imposant pas la taxe, l'incitation à changer de technologie ne se manifeste véritablement que lorsque le processus de mondialisation est suffisamment avancé**. En présence de coûts à l'échange forts, compte tenu de l'augmentation conséquente du nombre de firmes polluantes sur son territoire, devenu « havre de pollution », le pays 2 voit la mise en place d'une taxe carbone se manifester par une baisse de la part de ces firmes propres. A l'opposé, en présence d'une libéralisation poussée, les coûts de transport interrégionaux sont désormais suffisamment faibles pour que l'incitation à changer de technologie induite par la taxe touche également cette région. Cela se traduit par une augmentation de la part des firmes propres (qui restent toutefois largement minoritaires en ne représentant que 10% du total des firmes).

Au final, **quel que soit le degré d'achèvement de la libéralisation commerciale, la mise en œuvre unilatérale d'une taxe carbone a un effet positif sur l'environnement** : une augmentation de 20% de la taxe conduit à une réduction de près de 20% du niveau de pollution totale. Cet effet environnemental est cependant différencié entre les deux pays. Positif dans le pays 1, il est négatif dans le pays 2 – et proportionnel au niveau de taxe imposé – en raison de l'action de l'effet d'échelle (jouant ici négativement sur la qualité de l'environnement). **Le niveau de libéralisation a alors une influence sur ce différentiel d'impact environnemental**. Dans les premiers temps de la libéralisation commerciale, seul l'effet technique est véritablement à l'œuvre dans le pays 1. Au fur et à mesure que la mondialisation s'intensifie, ce pays bénéficie également d'un effet de composition en sa faveur lié aux changements de spécialisation des économies et à l'agglomération des firmes polluantes dans le pays 2.

Scénario 1b – Réduction du coût d'accès à la technologie propre dans une des deux régions³¹

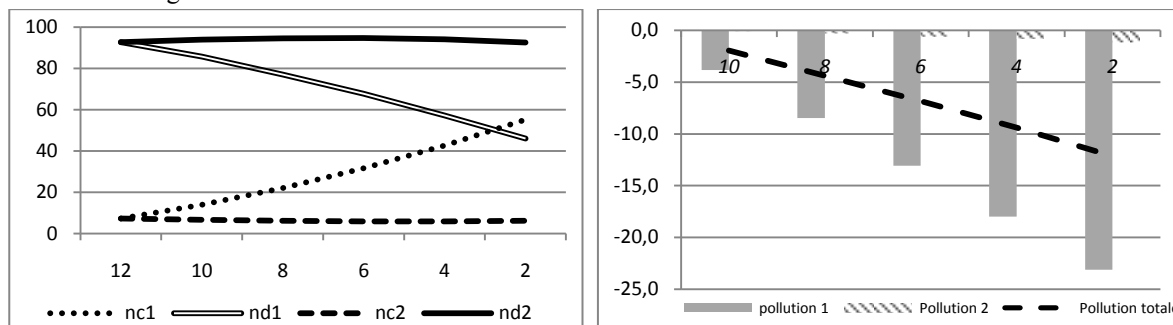
Le second levier d'action environnementale publique envisagé passe par une baisse du coût du brevet propre dans un des deux pays (arbitrairement, le pays 1) à travers la variable ψ_1 . Compte tenu de notre calibrage, ce coût passe progressivement de 12 à 2. Les résultats de cette simulation sont présentés dans les graphiques 1b.

Comme on pouvait s'y attendre, **la subvention incite les firmes à adopter une technologie propre**. Quel que soit le niveau du processus mondialisation, le nombre total mondial de firmes polluantes diminue au profit des firmes propres. Pour les trois niveaux de coût de transport simulés, la réduction du coût du brevet de 12 à 2 fait passer la part des firmes propres de 7% du total des firmes à près de 33%. **Cette incitation technologique est alors particulièrement forte dans le pays proposant la subvention**. La part des firmes sales du pays 1 se réduit fortement et ce d'autant plus que le processus de mondialisation est avancé. De 93% à l'équilibre initial, elle tombe à 46% (pour des niveaux de coût de transport moyens) et à 43% (pour des niveaux de coût de transport faibles).

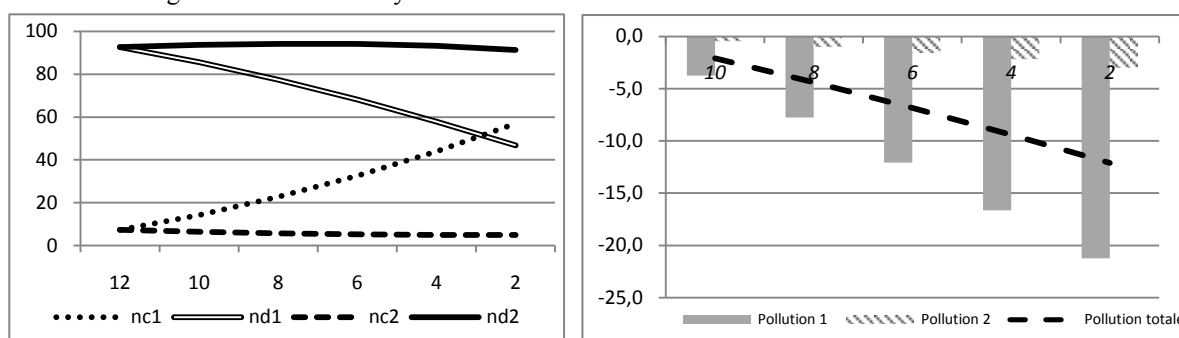
³¹ Pour ces simulations $D_I^{max} = 40$, $\mu_h = \nu_h = 0,05 \forall h = 1,2$, $\tau_h^c = \tau_h^d = 1$ et ψ_1 varie de 12 à 2.

Graphiques 1b - Effets de la réduction du coût d'accès à la technologie propre dans la région 1 sur le nombre de firmes propres et polluantes et sur la variation de la pollution dans chaque région selon le niveau de libéralisation commerciale

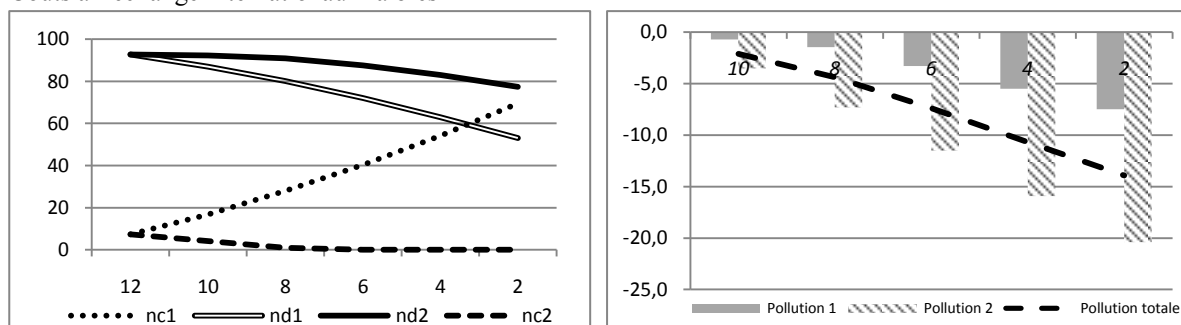
Coûts à l'échange internationaux forts



Coûts à l'échange internationaux moyens



Coûts à l'échange internationaux faibles



En outre, la subvention du pays 1 a un impact sur les choix techniques des firmes du pays 2. Lorsque la subvention est maximale et la mondialisation achevée, on assiste même à la disparition des firmes propres dans le pays 2 face à l'avantage comparatif du pays 1 en termes d'accès à la technologie propre. Cette politique publique s'avère donc particulièrement agressive envers le pays 2.

La subvention a une influence sur la localisation des firmes, puisqu'elle provoque un redéploiement des firmes vers le pays 1³². L'intensité de ce redéploiement dépend de l'état d'avancement du processus de mondialisation. Compte tenu du calibrage initial, avec des coûts de transport globalement élevés, la dynamique endogène de localisation vers le pays 1 devient dominante pour un niveau de coût de brevet représentant environ 10% du coût fixe et aboutit à une situation finale où le pays 1 capte 50,6% des firmes. En fin de mondialisation, avec des coûts de transports globalement faibles, ce seuil est immédiat, dès la

³² Notons que, pour des coûts de transport forts ou moyens, jusqu'à un certain seuil ($\psi_1 = 20\%$ du coût fixe), le pays 2 voit le nombre de firmes sur son territoire augmenter car l'entrée de firmes sales est supérieure à la sortie de firmes propres. Ce phénomène est toutefois de faible ampleur et disparaît en présence de coûts à l'échange faibles.

diminution du coût de brevet, et le pays 1 finit par capter 61,3% des firmes.

Au final, **l'impact environnemental de cette mesure est globalement positif** quel que soit le niveau de mondialisation. Pour un niveau faible de coûts à l'échange, il est particulièrement favorable pour le pays 1, essentiellement sous l'influence de l'effet technique qui compense un effet d'échelle traditionnel pourtant significatif et entraîne une augmentation du nombre de firmes propres par rapport aux firmes polluantes. Au fur et à mesure que la baisse des coûts à l'échange s'intensifie, c'est le pays 2 qui voit diminuer le nombre de firmes sur son territoire, ce qui se traduit par une réduction de son niveau de pollution.

Scénario 2 - Libéralisation commerciale et autorégulations environnementales incitées

Le modèle a été construit de façon à offrir la possibilité de mesurer l'impact d'une modification de la sensibilité environnementale des consommateurs (variables ζ des équations 12 à 19). Cette sensibilité se détermine pour chaque région en fonction des paramètres D^{max} , μ et ν . D^{max} correspond au niveau maximal légal toléré de dégradation de l'environnement dans chaque région. μ et ν sont davantage des variables *subjectives*. Elles pondèrent respectivement leur perception de la pollution émise localement et celle émise à l'étranger. Lorsque $\nu_h = 0$ (et $\mu_h \neq 0$), les consommateurs de la région h sont des *égoïstes environnementaux*, concernés par la seule qualité de leur environnement local. Lorsque $\nu_h \neq 0$ (et $\mu_h \neq 0$), les consommateurs sont considérés comme des *altruistes environnementaux*, restant concernés par leur environnement local mais ayant une conscience globale des questions environnementales et étant sensibles à la qualité de l'environnement dans l'autre région³³. L'enjeu des simulations qui suivent est de mesurer si la variation de ces sensibilités suffit à inciter les firmes à être plus environnementalement responsables.

Scénario 2a- Diminution du niveau national de tolérance à la pollution³⁴

Pour traduire les conséquences d'un choix politique de protection de l'environnement à travers, par exemple, l'adoption de normes plus contraignantes (label écologique par exemple) sur l'impact environnemental des produits consommés dans l'un des deux pays (arbitrairement le pays 1), nous simulons une réduction du niveau maximal toléré de dégradation de l'environnement (D_I^{max}). Les résultats de cette simulation sont présentés dans les graphiques 2a.

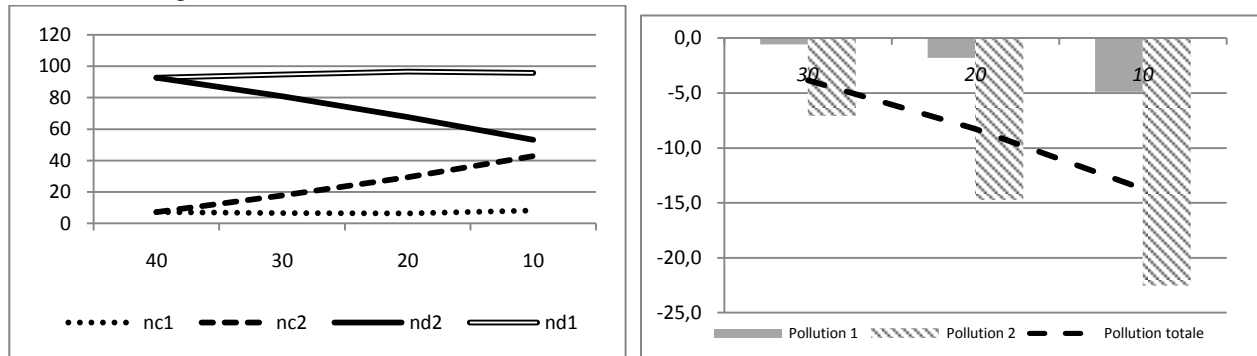
L'application d'un seuil de tolérance moins fort incite les firmes polluantes du pays 1 à se délocaliser ou à modifier leur technologie (effet technique). Les résultats obtenus montrent qu'**à niveau de libéralisation commerciale donné, cette mesure favorise un redéploiement des firmes vers le pays 2**. Ce redéploiement est toutefois peu significatif et semble connaître un palier. Il cesse (voire s'inverse) lorsque la contrainte réglementaire devient trop contraignante (pour $D_I^{max} = 20$). Le nombre respectif de firmes dans chaque pays converge au final vers une répartition symétrique. Cette convergence est d'autant plus prononcée que le processus de mondialisation est avancé. Si les flux interrégionaux sont marginaux, il en va tout autrement des flux intra régionaux.

³³ Pour $\mu_h = \nu_h = 1$, les sensibilités environnementales locale et globale des consommateurs sont maximales et ils ne retirent aucune utilité de la consommation des biens concernés.

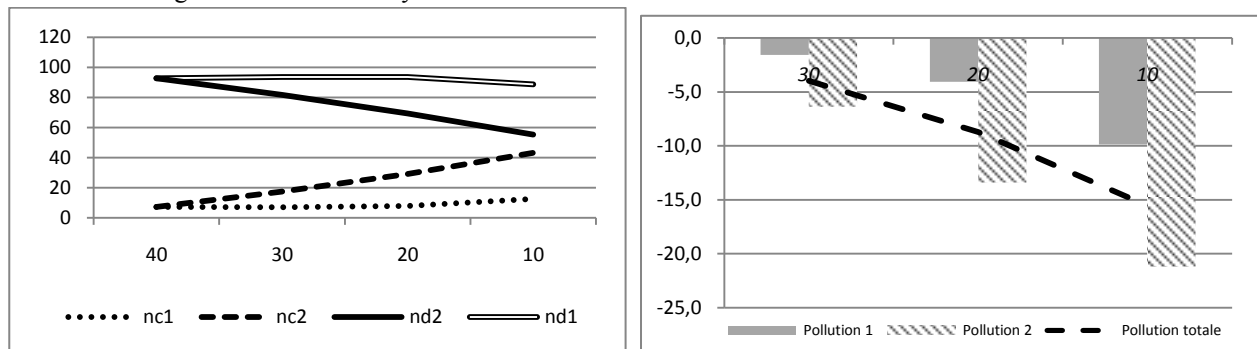
³⁴ Pour ces simulations, $\forall h = 1, 2 : \psi_1 = 12, \mu_h = \nu_h = 0,05, \tau_h^c = \tau_h^d = 1$ et D_I^{max} varie de 40 à 10.

Graphiques 2a- Effets de la diminution du niveau national de tolérance à la pollution dans la région 1 sur le nombre de firmes propres et polluantes et sur la variation de la pollution dans chaque région selon le niveau de libéralisation commerciale

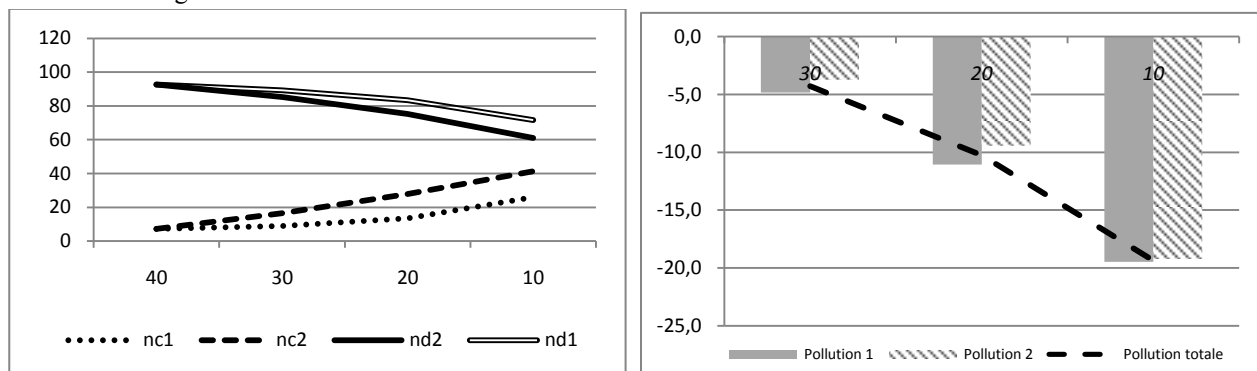
Coûts à l'échange internationaux forts



Coûts à l'échange internationaux moyens



Coûts à l'échange internationaux faible



La mise en place de normes environnementales incite également les firmes polluantes du pays 2 à modifier leur technologie et ce, de façon bien plus prononcée que pour les firmes du pays 1. Pour un seuil de tolérance minimum et des coûts de transports hauts, moyens et faibles, les firmes propres représentent 25,5% du nombre total (7,9% dans le pays 1 et 44,5% dans le pays 2), 28% du total (12,5% en 1 et 43,9% en 2) et près de 34% du total (26,6% dans la région 1 et 40,4% dans la région 2). L'explication de cette incitation tient à la nature des coûts de transport retenus. De type *iceberg*, ils impliquent qu'une partie des quantités échangées est perdue durant le transport. A niveau de demande donné, l'impact environnemental des produits des firmes du pays 2 vendus dans le pays 1 est donc plus élevé que ceux produits directement dans le pays 1 car ils nécessitent un niveau de production supérieur. Dès lors, compte tenu de la limite imposée par D_1^{max} en termes de niveau de pollution acceptée, les firmes polluantes du pays 2 sont prioritairement incitées à adopter une technologie propre. Cette incitation sera d'autant plus faible que les coûts à l'échange sont bas. Nos simulations montrent que pour des coûts à l'échange nuls, 35% des firmes de chaque pays sont des firmes

« propres ».

Compte tenu de ces dynamiques, **la mesure a évidemment un effet positif en termes environnementaux**. Au fur et à mesure que la libéralisation s'accroît, cet effet s'intensifie et se partage de plus en plus équitablement entre les régions. Il est essentiellement dû à l'effet technique qui contrebalance un effet d'échelle global jouant ici de façon traditionnelle, l'effet de composition semblant ici faiblement opérant.

Scenario 2.b - « Not In My Back Yard » : augmentation de la sensibilité environnementale locale des consommateurs dans une des deux régions³⁵

Toutes les simulations précédentes reposaient sur l'hypothèse que les consommateurs étaient caractérisés par de très faibles niveaux de sensibilités environnementales locale et globale ($\nu_h = \mu_h = 0,05$). Nous modifions ici ce cadre en partant de l'hypothèse qu'une conscience environnementale émerge dans une des deux régions (arbitrairement le pays 1). Cette prise de conscience est toutefois partielle et n'influence que le degré de sensibilité des consommateurs à la pollution locale (hypothèse d'*égoïstes environnementaux*) que l'on va supposer croissant en faisant varier progressivement μ_1 de 0,05 à 1, les valeurs de μ_2 , ν_1 et ν_2 restant inchangées. Les résultats de cette simulation sont présentés dans les graphiques 2b.

A niveau de libéralisation commerciale donné, l'augmentation de la sensibilité environnementale locale des consommateurs provoque un redéploiement proportionnel global des firmes du pays 1 vers le pays 2. Ce phénomène est d'autant plus intense que la libéralisation des échanges est forte. Dans un contexte de mondialisation avancée, le pays 2 concentre ainsi près de 90% des entreprises lorsque la sensibilité des consommateurs du pays 1 à la pollution sur leur territoire est maximale (contre près de 70% lors que les coûts à l'échange sont élevés). L'explication réside dans l'*égoïsme environnemental* des consommateurs du pays 1 qui, à travers leur comportement de consommation, incite les firmes polluantes à quitter leur territoire pour produire (tout en le polluant) dans le pays étranger.

Par ailleurs, **l'augmentation de la sensibilité environnementale locale des consommateurs incite également les entreprises à modifier leurs choix technologiques et à devenir environnementalement responsables**. Le nombre de firmes propres augmente globalement quel que soit le niveau de libéralisation commerciale atteint et ce dernier ne semble pas avoir une influence décisive sur l'intensité du phénomène. Pour des coûts à l'échange interrégionaux faibles, moyens ou forts, les firmes propres représentent près du quart du total des firmes lorsque la sensibilité écologique est maximale. Ce phénomène est alors particulièrement important pour le pays 1 qui voit le nombre de ces firmes polluantes décliner rapidement quel que soit le niveau des coûts à l'échange. Jusqu'à un certain seuil³⁶, ce déclin se fait au profit des firmes propres qui deviennent même majoritaires. Une fois cette valeur passée, elles quittent leur région d'origine pour se localiser dans le pays 2.

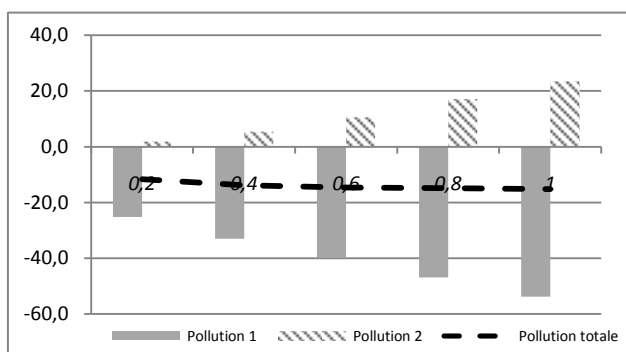
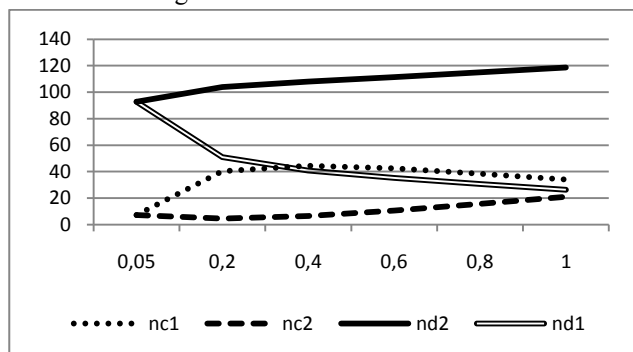
Au final, **l'impact environnemental est globalement positif** et bénéficie du changement technologique qui se manifeste dans le pays 1. Le pays 2 en revanche accueille les firmes polluantes et voit son environnement se dégrader (effet d'échelle traditionnel).

³⁵ Pour ces simulations, $\forall h = 1,2 : \psi_1 = 12, \nu_h = 0,05, \nu_2 = 0,05, \tau_h^c = \tau_h^d = 1$ et $D_1^{max} = 40, \mu_1$ varie de 0,05 à 1.

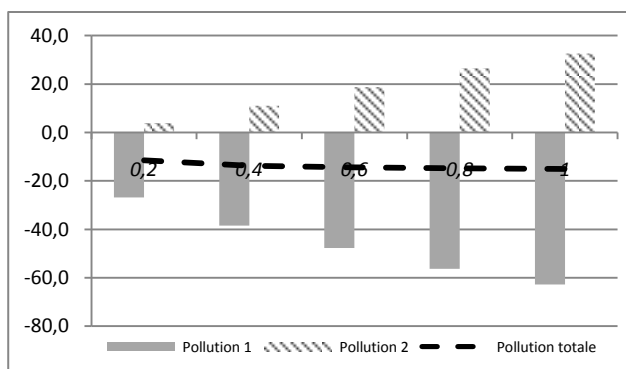
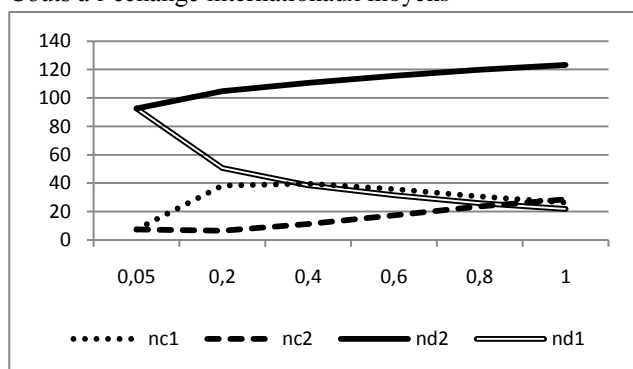
³⁶ Selon notre calibrage, ce seuil correspond à une sensibilité locale de $\mu_1 = 0,2$.

Graphiques 2.b - Effets de l'augmentation de la sensibilité environnementale locale des consommateurs dans la région 1 sur le nombre de firmes propres et polluantes et sur la variation de la pollution dans chaque région selon le niveau de libéralisation commerciale

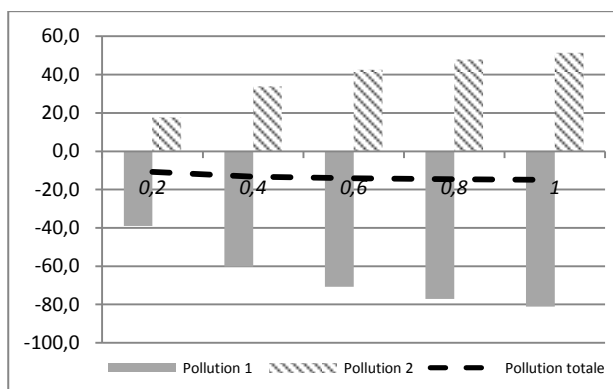
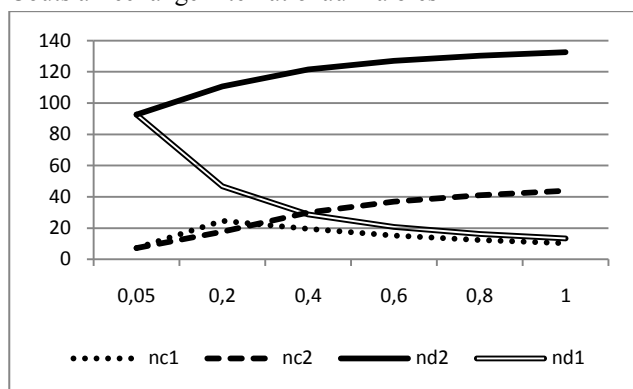
Coûts à l'échange internationaux forts



Coûts à l'échange internationaux moyens



Coûts à l'échange internationaux faibles



Scénario 2.c - L'environnement comme bien public mondial : émergence d'une prise de conscience environnementale globale dans une des deux régions³⁷

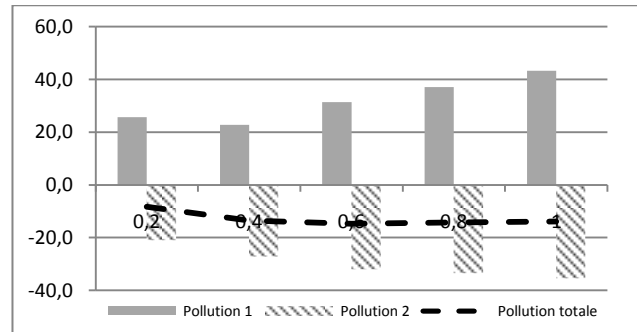
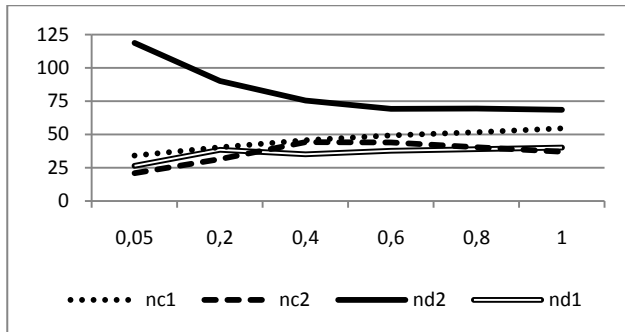
L'idée de ce scénario est de prolonger le précédent en considérant que les consommateurs du pays 1 deviennent progressivement des *altruistes environnementaux*, concernés à la fois par la qualité de leur environnement local et par celui du reste du monde. Dans ces simulations, leur sensibilité locale est désormais supposée maximale ($\mu_1 = 1$) et leur perception de la pollution émise à l'étranger croît progressivement (ν_1 allant de 0,05 à 1). L'équilibre initial retenu ici pour raisonner en statique comparative

³⁷ Pour ces simulations, $\forall h = 1,2 : \tau_h^c = \tau_h^d = 1, D_1^{max} = 40, \psi_1 = 12, \nu_2 = \mu_2 = 0,05, \mu_1 = 1$ et ν_1 varie de 0,05 à 1.

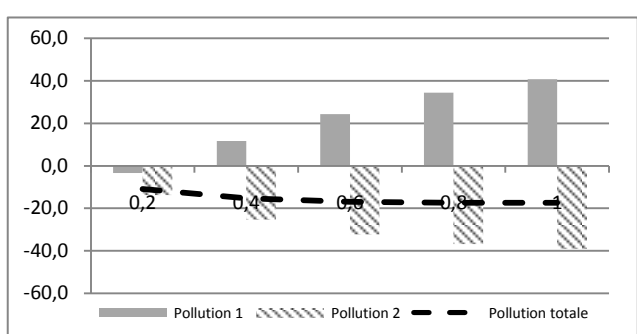
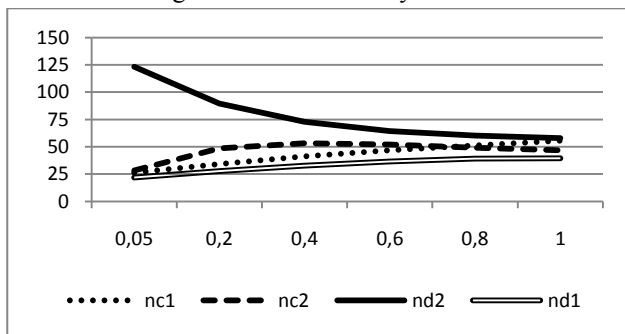
est le dernier équilibre obtenu précédemment (lorsque $\mu_1 = 1$). Il se caractérise par des firmes majoritairement polluantes et polarisées dans le pays 2 (presque entièrement lorsque les coûts à l'échange sont faibles). Les résultats de cette simulation sont présentés dans les graphiques 2c.

Graphiques 2.c – Effets de l'émergence d'une prise de conscience environnementale globale dans la région 1 sur le nombre de firmes propres et polluantes et sur la variation de la pollution dans chaque région selon le niveau de libéralisation commerciale

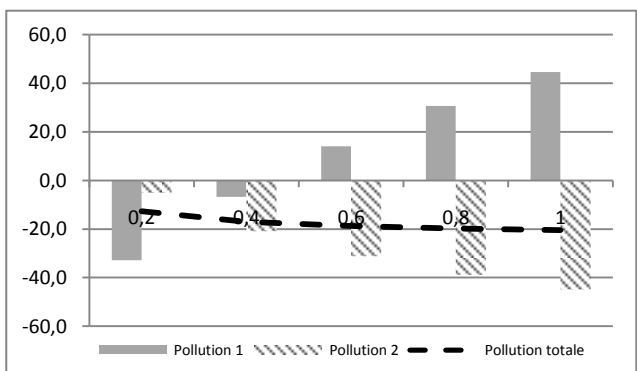
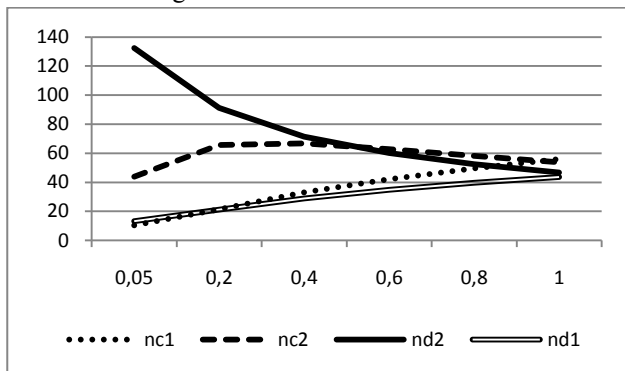
Coûts à l'échange internationaux forts



Coûts à l'échange internationaux moyens



Coûts à l'échange internationaux faibles



L'augmentation de la sensibilité globale des consommateurs du pays 1 rééquilibre la localisation des firmes entre le pays 1 et 2 et le partage entre firmes propres et firmes sales. Les firmes se redéploient du pays 2 vers le pays 1. En fin de processus de libéralisation, l'équilibre spatial se caractérise par un nombre de firmes identique dans les deux régions. On assiste également à une diminution proportionnelle du nombre total de firmes sales dans le monde d'autant plus intense que les coûts à l'échange sont peu élevés. Lorsque la mondialisation est avancée et la sensibilité maximale, les firmes propres deviennent même majoritaires.

L'effet net en termes de pollution est alors globalement positif. A partir d'un certain niveau de sensibilité, tout se passe comme si les consommateurs du pays 1 acceptent que le niveau de pollution augmente significativement dans leur pays en contrepartie d'une diminution du niveau de pollution dans le pays 2.

Conclusion

Partant de l'hypothèse d'une prise de conscience croissante des enjeux environnementaux dans le processus de mondialisation, l'objectif de cette analyse était d'introduire cette dimension environnementale dans l'explication des déterminants de la localisation des firmes multinationales. Le support privilégié a été un modèle en concurrence imparfaite permettant d'envisager différentes politiques publiques environnementales et différentes natures de sensibilité écologique des consommateurs. Il s'agissait au final d'évaluer dans quelle mesure les firmes multinationales pouvaient être incitées ou contraintes à devenir environnementalement responsables dans leur choix de localisation géographique et/ou technologique.

Les simulations du modèle ont révélé plusieurs enseignements majeurs. Elles montrent tout d'abord que les politiques nationales visant à réduire les flux de pollution sont d'autant plus efficaces que les coûts à l'échange sont faibles. Elles montrent également que ces moyens d'action ne sont pas tous équivalents. Ainsi, la mise en place unilatérale d'une taxe carbone, bien qu'efficace sur un plan environnemental, entraîne un effet de havre de pollution se traduisant par une délocalisation des entreprises du pays qui la met en œuvre vers celui qui ne l'impose pas. Une politique de subvention du brevet est plus intéressante de ce point de vue, même si notre raisonnement en équilibre partiel néglige ses effets sur les finances publiques du pays. Elles montrent enfin que l'incitation peut être une stratégie efficace dans un contexte de mondialisation où les économies sont interdépendantes. Si une sensibilité environnementale seulement locale peut s'avérer dangereuse pour un pays en raison des risques de délocalisation qu'elle suscite, une sensibilité environnementale plus globale incite fortement les firmes à adopter des technologies propres, sans que cela soit coûteux économiquement pour les pays. Ce résultat plaide alors pour toute mesure visant à renforcer l'éducation et la sensibilité écologique des consommateurs.

Bibliographie

- Antweiler W., Copeland B. et Taylor M.S. (2001). Is free trade good for the environment? *American Economic Review*, 91, 877-908.
- Baldwin R., Forslid, R., Martin, P., Ottaviano, G. et Robert-Nicoud F. (2003). *Economic Geography et Public Policy*, Princeton University Press, 487 p.
- Beumais O. et Schubert K. (1994). Équilibre général et environnement : de nouveaux comportements pour le consommateur et le producteur, *Revue Économique*, 45(3), 905-916.
- Beumais O. et Schubert K. (1996). Les modèles d'équilibre général appliqués à l'environnement : développements récents, *Revue d'Economie Politique*, 106(3), 355-380.
- Beumais O. et Schubert K. (1999). La modélisation en équilibre général calculable : un regard sur les interactions économie environnement, *Économie Rurale*, 251, 25-32.
- Chiroleu-Assouline M., Ragot L. et Schubert K. (2004). Incentive to Innovate in a Clean Technology under Monopolistic Competition: A Comparaison of Policy Instruments», *document de travail EUREQua*, Paris I.
- Cole M.A. et Elliott R.J.R. (2003). Determining the Trade-Environment Composition Effect: The Role of Capital, Labour and Environmental Regulations, *Journal of Environmental Economics and Management*, 46(3), 363-383.
- Cole M. A. et Elliot, R. J. R. (2005). FDI and the capital intensity of "dirty" sectors: A missing piece of the pollution haven puzzle, *Review of Development Economics*, 9(4), 530-548.

- Copeland B. et Taylor S. (1994), North-South Trade and the Environment, *Quarterly Journal of Economics*, 109(3), 755-787.
- Copeland B. et Taylor, M. S. (2004). Trade, growth and the environment, *Journal of Economic Literature*, 42, 7-71.
- Cristmann P. et Taylor G. (2001). Globalization and the Environment: Determinants of Firm Self-Regulation in China, *Journal of International Business Studies*, 32(3), 439-458
- Cropper M.L. et Oates W.E. (1992). Environmental Economics: A Survey, *Journal of Economic Literature*, XXX, 675-740.
- Dean J. M., Lovely M.E. et Wang H. (2009). Are Foreign Investors Attracted to Weak Environmental Regulations? Evidence from China, *Journal of Development Economics*, 90(1), 1-13.
- Dixit A.K. et Stiglitz J.E. (1977). Monopolistic Competition and optimum product diversity, *American Economic Review*, 67, 297-308.
- Ederington J., Levinson, A. et Minier J. (2005). Footloose and pollution-free, *Review of Economics and Statistics* 87(1), 92-99.
- Eskeland G. S. et Harrison A.E. (2003). Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis, *Journal of Development Economics*, 70, 1-23.
- Florini A. (2003). Business and global governance: The growing role of corporate codes of conduct, *Brookings Review*, 6.
- Forslid R. (1999). Agglomeration with human and physical capital: An Analytically Solvable Case, *CEPR Discussion Paper*, n°2102.
- Freeman R.E. et Werhane P. (1999). Business Ethics: The State of the Art, *Journal of Management Review*, 1(1), 1-16.
- Graham D. et Woods N. (2006). Making Corporate Self-Regulation Effective in Developing Countries, *World Development*, 34(5), 868-883.
- Grether J. M. et de Melo J. (2004). Globalization and dirty industries: Do pollution havens matter?, in R. E. Baldwin et L. A. Winters (eds), *Challenges to Globalization: Analyzing the Economics*, University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Grossman G.M. et Krueger A.B. (1993). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement, in Peter Garber (ed.), *The Mexico-US Free Trade Agreement*, Cambridge, MA, MIT Press, 13-56.
- Grossman G.M. et Krueger A.B. (1995). Economic Growth and the Environment, *Quarterly Journal of Economics*, CX(2), 353-377.
- Hanna R. (2004). U.S. environmental regulation and FDI: Evidence from a panel of U.S.-based multinational firms, *Job market paper*, MIT, Cambridge, MA.
- Haufler, V. (2001). *A public role for the private sector: Industry self-regulation in a global economy*, The Brookings Institution Press, Washington DC.
- Hettige H., Huq M., Pargal S. & Wheeler D. (1996). Determinants of Pollution Abatement in Developing Countries: Evidence from South and Southeast Asia. *World Development*, 24(12). 1891-1904.
- Jaffe A. B., Peterson, S. R., Portney, P. R. et Stavins, R. N. (1995). Environmental regulation and the competitiveness of U.S. manufacturing: What does the evidence tell us?, *Journal of Economic Literature* 33, 132-163.
- Javorcik B. S. et Wei S.-J. (2004). Pollution Havens and Foreign Direct Investment: Dirty Secret or Popular Myth?, *Contributions to Economic Analysis et Policy*, 3 (2).
- Jeppesen T., List, J. A. et Folmer, H. (2002). Environmental regulations and new plant location decisions: Evidence from a meta-analysis, *Journal of Regional Science* 42(1). 19-49.
- Jeppesen T. et Folmer H. (2001). The Confusing Relationship between Environmental Policy and Location Behaviour of Firms: A Methodological Review of Selected Case Studies. *The Annals of Regional Science*, 35(4): 523-46.
- Kalt J.P. (1988), The Impact of Domestic Environmental Regulatory Policies on U.S. International Competitiveness, in Spence, A.M. et Hazard, Heather, A., ed. *International Competitiveness*, Cambridge, Mass, Harper et Row, Ballinger, 221-262.
- Keller W. et Levinson, A.(2002), Pollution abatement costs and foreign direct investment inflows to U.S. states, *Review of Economics et Statistics* 84(4). 691-703.
- Krugman P. (1991). Increasing Returns and Economic Geography, *The Journal of Political Economy*, 99(3), 483-499.
- Levinson A. et Taylor, S. M. (2008). Unmasking the pollution haven effect, *International Economic Review*, 49(1), 223-254.
- List J. A. et Co, C. Y. (2000). The effects of environmental regulations on foreign direct investment, *Journal of Environmental Economics et Manangement*, 40(1). 1-20.

- McAusland C. (2008) Globalisation's Direct and Indirect Effects on the Environment Paper presented to Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World 10-12 November 2008, Guadalajara, Mexico, <http://www.oecd.org/dataoecd/10/60/41380703.pdf>
- Mani M. et Wheeler D. (1998). In Search of Pollution Havens? Dirty Industry in the World Economy, 1960 to 1995, *The Journal of Environment & Development*, 7(3), 215-247.
- Martin P., et Rogers C. A. (1995). Industrial Location and Public Infrastructure, *Journal of International Economics*, 39, 335-351.
- Mazurkiewicz P. (2004). Corporate self-regulations and Multi-stakeholder Dialogue, in *Handbook of Voluntary Environmental Agreements*, Edoardo Croci, Kluwert Academic Publisher, Dordrecht.
- Millimet D. L. et List, J. A. (2004). The case of the missing pollution haven hypothesis, *Journal of Regulatory Economics* 26(3). 239-262.
- Mironiuc M. (2008). Social Responsibility and Environmental Ethics - Elements of the Ecological Culture in 21st Century Organizations. *Journal of Applied Economic Sciences*, 5.
- OECD (2000). The OECD guidelines for multinational enterprises: Review 2000. DAF/IME/WPG (9). September 11.
- O'Rourke D. (2003). Outsourcing regulation: Analyzing non-governmental systems of labor standards and monitoring. *Policy Studies Journal*, 31(1). 1-29.
- Pearson C.S. (1985). Down to Business: Multinational Corporations, the Environment and Development, *World Resources Institute*, Washington, DC.
- Pearson C.S. (Ed.). 1987. Multinational Corporations, Environment, and the Third World. Duke University Press, Durham, NC.
- Porter M.E. et Van der Linde C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives* 9(4), 97-118.
- Ragot L. (1997). *Croissance économique durable et pollution : un essai d'interprétation formalisée*, thèse de doctorat en Sciences Economiques, Université de Paris I.
- Rieber A. et Tran T. A.-D. (2008), Dumping environnemental et délocalisation des activités industrielles: le Sud face à la mondialisation, *La Revue d'Economie du Développement*, 2, 5-35.
- Ruggie J. G. (2003). Taking embedded liberalism global: The corporate connection. In: D. Held, & M. Koenig-Archibugi (Eds.). *Taming globalization: frontiers of governance*. Cambridge: Polity Press.
- Samuelson P.A. (1954). The transfer problem and transport costs, II: Analysis of effects of trade impediments, *Economic Journal*, 64, 264-189.
- Scholz C. M. et Stähler F. (1999). Unilateral Environmental Policy and International Competitiveness, *Kieler Studien*, 299, Mohr Siebeck, Tübingen.
- Utting P. (2008). The Struggle for Corporate Accountability *Development and Change*, 39(6), 959-975
- Raspiller S. et Riedinger N. (2008). Do Environmental Regulations Influence the Location Behavior of French Firms?, *Land Economics*, 84(3), 382-395.
- Wagner U. et Timmins C. (2009). Agglomeration Effects in Foreign Direct Investment and the Pollution Haven Hypothesis, *Environmental and Resource Economics*, 43(2). 231-256.
- Walter I. (1982). *Environmentally Induced Industrial Relocation to Developing Countries*, in Rubin J.S. et Thomas G.R. eds., *Environment et Trade: The Relation of International Trade and Environmental Policy*, Totowa, N.J.: Allanheld, Osmun.
- Wilson R. (1998). The Developing World Looks to ISO 14000 for Help. *Pollution Engineering*, 30(2), 37-38.
- Xing Y. et Kolstad C. (2002). Do Lax Environmental Regulations Attract Foreign Direct Investment?, *Environmental and Resource Economics*, 21(1). 1-23.
- Zeng D.-Z. et Zhao L. (2009). Pollution havens and industrial agglomeration, *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(2), 141-153.