

**4th Doctoral meeting of Montpellier
May, 3-5th 2011**

**Environmentally friendly technologies transfers through
trade flows from Japan to China – An approach by bilateral trade in
environmental goods**

**Lacour P.¹ and Figuiere C.²
Centre de Recherche en Economie de Grenoble (CREG)**

Abstract:

The transfers of green technologies are considered as an alternative to take restrictive commitment to reduce greenhouse gas emissions for emerging and developing countries. This dynamic of technology transfer can be partially apprehended by the study of trade flows, an important channel of transfer. Thus, a country inserted in the international trade would acquire technologies that reduce the environmental impact of its industrialization process.

However, the quantification of such transfers is hampered by a series of obstacles due to the lack of database and methodology. The purpose of this paper is to propose an approach to quantify environmentally friendly technologies transfers, focusing on the case of China. This economy is highly integrated into the international trade and is now the first global greenhouse gas emitter. Transfers can be quantified by Chinese imports of environmental goods from Japan - its largest trading partner.

This contribution deals with environmentally-friendly technology transfers carried by trade flows from Japan to China. To put into light this dynamic, we firstly focus on the positive relationship between trade and the quality of the environment. Secondly, we conduct an empirical analysis in two parts. On one hand, the study of environmental goods exchange between China and Japan enables us to identify some technology transfer trends. On the other hand, the determination of a correlation between changes in the level of emissions and imports of environmental goods may confirm the concept of green technology transfer from Japan to China.

Keywords:

Environmentally-friendly technologies; International Trade; Environment, China

JEL Classification:

F18; Q56

¹ Ph.D. Student, *Centre de Recherches en Economie de Grenoble*, Pierre Mendès France University, France
pauline.lacour@upmf-grenoble.fr

² Professor *Centre de Recherches en Economie de Grenoble*, Pierre Mendès France University, France.

La croissance des émissions de gaz à effet de serre (GES) des pays émergents a fait apparaître de nouveaux enjeux sur la scène internationale, les négociations se centralisant désormais sur la question de l'intégration des pays en développement (PED) dans la lutte contre le réchauffement climatique. Ces derniers ne sont pas intégrés quantitativement dans le régime climatique de Kyoto (1997) : ils n'ont pas pris d'engagements contraignants de réduction des émissions étant donné la responsabilité historique des pays industrialisés (PID) dans le réchauffement de la planète. L'enjeu demeure alors porté sur le financement de politiques d'atténuation –*mitigation*– et d'adaptation dans les PED, mais aussi sur l'acquisition par ces derniers de technologies et produits permettant de réduire les émissions de polluants et la consommation d'énergies fossiles.

L'économie chinoise est désormais la première émettrice de GES en valeur absolue, sa part dans les émissions mondiales étant passée de moins de 5% en 1970 à plus de 20% en 2007 [IEA, 2009]. En outre, l'intensité de ses relations économiques avec son principal fournisseur – le Japon – pourrait lui permettre d'acquérir des technologies compatibles avec la protection de l'environnement sans avoir à supporter les coûts du processus de recherche et développement. Les importations chinoises depuis le Japon ont atteint 130 milliards de dollars en 2009, représentant 13% de ses importations totales à cette date. Le Japon est ainsi le premier fournisseur de la Chine et son quatrième marché d'exportation, derrière l'Union Européenne, les USA et Hong-Kong³. Ce terme de « technologies vertes » ou « *environmentally-friendly technologies* » qualifie ainsi l'ensemble des technologies qui optimise l'utilisation des ressources naturelles et minimise les émissions de matières polluantes (pollutions atmosphériques, terrestres et marines) [Makower et *al.*, 2001 ; Allenby, 2002]. C'est par le biais d'une dynamique d'imitation, d'appropriation et d'adaptation de ces technologies aux conditions locales que les firmes chinoises pourraient réduire leurs émissions de polluants et poursuivre un sentier de croissance verte [Worrell et *alii.*, 2001].

Toutefois, il existe une diversité de canaux de transferts de technologies vertes, ces transferts prenant la forme d'importations de biens d'équipements, de flux d'investissements directs étrangers (IDE) entrants, de transferts de droits de propriété, de contrats d'assistance technique, ou encore d'accords de coopération internationaux dans le domaine de la recherche et développement [Hoekman et *al.*, 2006 ; Peterson, 2008 ; Metz et *alii.*, 2002] Cette analyse se centre sur les transferts de technologies portés par les flux commerciaux soutenant l'argument d'une relation positive entre l'intensification de ces flux et le degré de protection de l'environnement. Les flux économiques et la division internationale des processus productifs initiée par les firmes transnationales (FTN) peuvent ainsi permettre la diffusion de technologies et pratiques compatibles avec la protection de l'environnement, déjà en vigueur dans les PID. Dès lors, la réponse première aux changements climatiques serait supportée par le secteur privé, couplant une logique environnementale à une stratégie économique.

Cette contribution cherche à déterminer les transferts de technologies vertes inhérents aux importations chinoises en provenance du Japon. Toutefois, la quantification de ce type de transferts se heurte à un vide méthodologique et requiert l'établissement d'une liste de biens dont le commerce serait bénéfique à la qualité de l'environnement. De ce fait, sont considérés les échanges des biens listés par l'OCDE (2001) comme « environnementaux », comprenant d'une part des biens et technologies résolvant un problème environnemental précis (traitement des eaux usées, gestion des déchets solides, contrôle de la pollution de l'air...) et d'autre part, des biens dont la production, l'utilisation

³ Ces données sont issues de la base de données *ComTrade* des Nations-unies, disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/db/default.aspx>>.

finale ou le processus de recyclage engendrent de moindres dégradations environnementales en comparaison des biens similaires.

Afin d'analyser cette dynamique de transferts de technologies vertes, il est nécessaire dans un premier temps de préciser la relation entre commerce et diffusion technologique, puis entre commerce international et qualité de l'environnement à partir de la littérature (I). Le commerce international serait alors bénéfique pour la qualité de l'environnement, engendrant un effet technique lequel conduit à une modification des techniques de production vers des méthodes plus respectueuses de l'environnement. Dans un second temps, l'analyse empirique se scinde en deux étapes : d'une part, l'étude des échanges de biens environnementaux entre la Chine, le Japon et le reste du monde permet de déterminer des premières tendances de l'acquisition de technologies incorporées dans les biens importés. D'autre part, la mise en évidence d'une corrélation entre le déclin de l'intensité énergétique du produit intérieur brut (PIB) chinois et ses importations de biens environnementaux ainsi que sa participation au commerce international permet de valider cette notion de transferts de technologies vertes portés par les flux commerciaux internationaux (II).

I. Commerce international et transferts de technologies vertes : une relation vertueuse ?

L'étude des flux commerciaux comme vecteurs de diffusion technologique intéresse tout particulièrement les économistes, et ceci depuis de nombreuses décennies. L'accélération de ces flux économiques et l'émergence de PED comme acteurs majeurs du commerce international ont permis d'envisager ces échanges commerciaux comme pouvant pallier à la faiblesse des ressources capitalistiques dans ces pays ; c'est en commerçant qu'ils pourraient acquérir des pratiques et technologies compatibles avec la protection de l'environnement (1.1). Néanmoins, la littérature liant empiriquement commerce international et qualité de l'environnement est controversée : le commerce serait bénéfique pour l'environnement si l'on prend en compte certains gaz comme le dioxyde de soufre, mais la relation n'a pas été démontrée dans les faits dans le cas du carbone (1.2).

1.1. Commerce international et diffusion technologique, quelques considérations théoriques

Les processus de diffusion technologique, difficiles à appréhender quantitativement, sont au cœur des travaux des économistes environnementalistes. L'hypothèse d'un aspect vertueux des flux commerciaux a été appliquée aux problématiques environnementales, la libéralisation commerciale et l'ouverture économique permettant d'acquérir des technologies et pratiques compatibles avec la protection de l'environnement. Malgré les thèses des partisans des théories des « havres de pollution⁴ » non vérifiées empiriquement, les recherches dans ce champ ont démontré une propriété technique au commerce international [Grossman et Krueger, 1993 ; Copeland et Taylor, 1994]. Par le biais de l'importation de biens dont les

⁴ Selon ces théories, la pollution est analysée comme un facteur de production supplémentaire. Les pays du Sud auraient, du fait du laxisme de leur politique environnementale, un avantage comparatif dans les activités polluantes car la pollution y est meilleur marché que dans les pays du Nord. Les échanges induits par les différences de réglementations environnementales vont ainsi créer un « havre de pollution » dans le pays avec la politique la plus laxiste. De fait, les pays du Nord gagneront au commerce en transférant certaines de leurs industries polluantes dans les pays du Sud, où la politique environnementale est moins contraignante. Pour plus de détails sur les théories des havres de pollution, voir Low et al. (1992), Rieber et al. (2008), Mani et al. (1999), Monjon et al. (2007), Copeland (2004), Van Beers et al. (1996).

méthodes de production seraient plus respectueuses de l'environnement, les PED pourraient assainir leur processus de production et en diminuer les nuisances environnementales. Notre contribution se focalise donc sur cet effet technique du commerce international : une diminution du niveau de pollution agrégé serait due à une modification des techniques de production employées vers des méthodes plus respectueuses de l'environnement -amélioration de l'efficacité énergétique et/ou réduction des émissions de polluants, systèmes de dépollution-, pour des revenus et une production finale constants. L'effet technique du commerce international est considéré, dans ce cadre, comme favorable à la qualité de l'environnement ; c'est l'amélioration des niveaux de revenus qui permet de « verdir » le processus de production.

Malgré la diversité des canaux de transfert possibles, les flux économiques, et plus particulièrement, les flux commerciaux restent l'un des canaux les plus pertinents pour appréhender quantitativement la diffusion technologique depuis le Japon vers la Chine. De plus, les transferts internationaux de technologies *via* les importations de biens peuvent être approximés relativement facilement grâce à une diversité de données disponibles alors que les transferts de connaissances aux travers des contacts interpersonnels internationaux sont plus difficiles à mesurer [Brewer, 2008]. Ainsi, les flux commerciaux internationaux seraient vecteurs de technologies par trois différents canaux :

- Premièrement, *via* les importations de la part des PED des innovations contenues dans les biens (produits manufacturés ou biens intermédiaires utilisés dans la chaîne de production domestique),
- Deuxièmement, *via* les importations des innovations contenues dans les biens d'équipements et dont l'application permet de réduire les nuisances environnementales des processus productifs,
- Et troisièmement, au travers de la diffusion de connaissances des pays développés concernant de nouvelles méthodes et techniques de production

De surcroît, la densification de ces flux commerciaux permettrait d'accroître les possibilités d'adaptation des nouvelles technologies aux conditions locales étant donné que ce processus réduit le coût de l'innovation [Grossman et *al.*, 1991].

Différentes recherches ont cherché à évaluer les transferts de technologies *via* le commerce de biens et de services. Les travaux de Keller (2004) ont démontré que les importations de biens intermédiaires, de consommation et d'équipement sont des réseaux de diffusion technologique. Bien que n'important pas la technologie elle-même mais le bien manufacturé, un PED peut en effet acquérir les savoir-faire relatifs à ce bien en prenant en charge les opérations de maintenance et de réparation. Dès lors, les importations de biens intermédiaires seraient une forme non négligeable de transfert de technologies. Le PED traite ces biens dans son processus de production et utilise ainsi implicitement les technologies intégrées dans les produits étrangers importés. Les transferts de technologies peuvent aussi être intégrés au commerce de services, par le biais de l'importation de services de consulting ou de formation ayant un impact positif sur la qualité productive et environnementale du processus de production [Johnstone, 1997].

Plus précisément, Hoekman, Maskus et Saggi (2005) ont analysé les politiques domestiques des PED qui pourraient favoriser l'acquisition de technologies étrangères. Les politiques d'ouverture commerciale sont apparues comme essentielles dans le processus d'acquisition de technologies avancées, sachant que les PED doivent posséder des capacités d'absorption et d'adaptation à la technologie étrangère, caractéristiques domestiques basées sur leurs dotations domestiques en capital. La probabilité d'acquisition de technologies

étrangères est étroitement liée aux activités de recherche et développement internes, sachant qu'il existera dans ce cas un préalable de bases technologiques, informationnelles et en capital humain à l'acquisition de ces technologies étrangères. Cet ensemble de facteurs facilitateurs réduira le coût de l'adaptation de la technologie, de l'imitation et des innovations successives liées.

Hakura et Jaumotte (1999) se sont focalisés sur l'identification du type de commerce – commerce interindustriel *versus* intra-industriel- qui serait le plus favorable à une diffusion technologique. Ces auteurs ont démontré, en utilisant les données pour 87 pays, que d'une part, le commerce a vocation à être un réseau de diffusion technologique international vers les PED ; et d'autre part, le commerce intra-industriel serait un vecteur plus important de transmission des technologies novatrices. Ce dernier résultat a été repris par l'OCDE (2005), démontrant que le commerce intra-industriel joue un rôle plus important dans les transferts de technologies que le commerce interindustriel, alors que ce dernier est plus répandu entre pays industrialisés et PED. A partir de ce constat, l'OCDE a conclu que les PED connaissent relativement moins de transferts de technologies par le commerce que les pays industrialisés. Toutefois, cette affirmation peut être relativisée lorsque la problématique est appliquée au cas asiatique : les pays d'Asie et tout particulièrement la Chine et le Japon sont engagés dans une dynamique de division internationale des processus productifs, caractérisée par l'importance des échanges intra-industriels [Lemoine, 2000]. La complémentarité des spécialisations productives de ces deux pays [Lacour, 2008] et leur participation à la décomposition internationale de la chaîne de valeur renforceraient alors le potentiel de transferts de technologies. De plus, la densité du commerce augmentant avec la proximité géographique, cet effet distance tendrait à doper la diffusion technologique entre la Chine et le Japon.

Ainsi, le commerce intra-branche, les échanges de biens intermédiaires et de biens d'équipements sont vecteurs de technologies (vertes). L'accélération des échanges entre le Japon et la Chine depuis le début des années 1990 est fondée sur de fortes complémentarités le long de leur chaîne de production. Plus précisément, une partie non négligeable du commerce de biens liés aux énergies renouvelables (solaire, hydraulique, éolien) entre ces deux pays est de nature intra-branche. Afin de déterminer l'importance de ce type de commerce entre ces deux économies, nous avons calculé le coefficient de Grubel et Lloyd, en prenant en compte les importations chinoises depuis le Japon et les exportations chinoises vers ce pays en 2009. Ce coefficient se calcule comme suit :

$$GL_i = [1 - (|X_i - M_i| / (X_i + M_i))] \times 100$$

Où X_i représente les exportations chinoises au Japon du produit i et M_i les importations chinoises depuis le Japon de ce même produit. Ce coefficient varie entre 0 (absence de commerce intra branche) à 100 (la totalité du commerce est de nature intra-branche) [Grubel et *al.*, 1975]. Ainsi, le commerce intra-branche de chauffe-eau solaires entre la Chine et le Japon correspond à 83% du commerce total de cette branche entre les deux pays, ce taux s'élevant à 100% pour le commerce de turbines hydrauliques d'une capacité supérieure à 10 000 KW [base de données *ComTrade*]. De plus, les firmes japonaises fournissaient 30% des importations chinoises de biens d'équipement en 1995, et près de 16% en 2009, sachant que la valeur de ce commerce a été multipliée par plus de quatre entre ces dates⁵. En somme, la proximité géographique, la présence d'entreprises japonaises sur le sol chinois et la densité des échanges sino-japonais seraient un ensemble de facteurs facilitateurs des transferts de technologies. L'importance des biens intermédiaires et d'équipement étrangers utilisés dans les processus de production chinois permettraient le transfert et l'appropriation de

⁵ Ces données sont issues de : Catégorie 4 Biens d'équipement (à l'exception des équipements de transport), pièces et accessoires de la Classification par Catégories Economiques –*Classification by Broad Economic Categories* (BEC).

technologies japonaises, engendrant à la fois une amélioration de l'efficacité productive des firmes, mais aussi de leur efficacité environnementale. Il est à souligner toutefois que les transferts de technologies qui améliorent l'efficacité énergétique et de fait, réduisent les coûts de production, peuvent être lents, leur vitesse de diffusion pouvant prendre de cinq à quinze années [Blackman, 2002].

Se concentrant sur l'économie chinoise, Lovely et Dean (2010) ont démontré que la baisse de l'intensité polluante des exportations chinoises entre 1995 et 2004 est partiellement due, d'une part, à une modification de la composition du commerce vers des biens exportés plus propres, et d'autre part, à un changement des méthodes de production vers des processus de productions plus respectueux de l'environnement. Les auteurs ont établi que le commerce d'assemblage –importations de biens intermédiaires vers une réexportation sous forme de produits finis– ainsi que la présence d'entreprises étrangères sur le territoire chinois seraient ainsi responsables de cette baisse de l'intensité polluante du commerce extérieur. A ce propos, Fisher-Vanden et *al.* (2006), en étudiant les déterminants de l'amélioration de l'efficacité énergétique des entreprises chinoises, ont attribué ces gains d'efficience, premièrement, aux modifications des prix et, deuxièmement, aux changements technologiques.

En somme, un consensus semble se dégager de la littérature sur l'existence d'une corrélation positive entre le commerce international et la qualité de l'environnement. Ainsi, favoriser la diffusion de technologies environnementales permettrait d'intégrer les PED dans le régime climatique, tout en prenant en compte la spécificité de leur situation dans le respect du principe *de responsabilités communes mais différenciées*⁶. De plus, l'accroissement des préoccupations environnementales dans un pays aura des retombées positives sur la qualité de l'environnement dans les pays étrangers, amoindrissant les coûts de réduction des émissions et limitant les fuites de carbone [Golombek et *al.*, 2004 ; Di Maria et *al.*, 2008].

1.2. Commerce de biens environnementaux et qualité de l'environnement

• **Les résultats de recherches empiriques sur les effets globaux de la libéralisation commerciale sur la qualité de l'environnement sont controversés, le commerce aurait tendance à diminuer les émissions de certains polluants –dioxyde de soufre (SO₂), demande biochimique en oxygène (DBO)⁷– ; alors que la relation négative entre l'intensité du commerce international et les émissions de CO₂ en valeur absolue n'a pas été observée. Par ailleurs, les flux économiques les plus à même d'améliorer la qualité de l'environnement, grâce aux dynamiques de transferts des technologies vertes, seraient les flux IDE entrants.**

Le modèle théorique construit par Antweiler et *ali.* (2001) examinant les effets de l'ouverture internationale sur les émissions de SO₂ a démontré que l'effet technique du

⁶ Les pays non Annexe I de la Convention Cadre des Nations-unies sur les Changements Climatiques – PED– n'ont pas pris d'engagements chiffrés de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour la première période d'engagement du Protocole de Kyoto. Cette absence d'engagements contraignants s'appuie sur le principe de « *responsabilités communes mais différenciées* ». Ce 7^{ème} principe de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement est basé sur la responsabilité historique des pays industrialisés dans le réchauffement climatique « *Etant donné la diversité des rôles joués dans la dégradation de l'environnement mondial, les Etats ont des responsabilités communes mais différenciées. Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en faveur du développement durable, compte tenu des pressions que leurs sociétés exercent sur l'environnement mondial et des techniques et des ressources financières dont ils disposent* » [Nations-unies (1992), Principe 7].

⁷ La demande biochimique en oxygène représente la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder des matières organiques biodégradables (oxydation bactérienne). Cette demande biochimique en oxygène est en général calculée au bout de cinq jours, et permet d'évaluer la charge polluante que contient l'eau usée.

commerce international impacte négativement les émissions de certains polluants, du fait de l'augmentation du revenu national. Dès lors, l'élasticité de l'effet technique serait de -1.2. En d'autres termes, une augmentation du produit national brut (PNB) de 1% réduit les émissions de dioxyde de soufre de 1,2%. Plus précisément, l'impact négatif de l'intensité commerciale (somme des imports et exports par rapport au PIB) sur les émissions de SO₂ a été démontré par les auteurs : une hausse de 1% de l'intensité des échanges réduit les émissions de 0,4% à 0,9%, selon les spécifications du modèle.

Ces résultats concordent avec ceux de Cole et Elliott (2003), pour qui l'effet technique du commerce international serait prédominant dans la réduction des émissions de SO₂ par habitant : une augmentation du commerce de 1% générerait une réduction des émissions par habitant de 1.7%. Les résultats pour la demande biochimique en oxygène sont similaires, alors que la libéralisation commerciale impacterait toutefois négativement la qualité de l'environnement approximée par les émissions d'oxyde d'azote (NO_x) et de CO₂. Managi (2004) a trouvé des résultats analogues en utilisant les données pour 63 pays entre 1960 et 1999, l'ouverture commerciale augmenterait les émissions de CO₂, avec une élasticité de 0.597. Similairement, les travaux de Frankel et Rose (2005) montrent qu'une ouverture au commerce international réduit fortement les émissions de SO₂, de dioxyde d'azote (NO₂) et de matières particulaires, alors que les émissions de CO₂ augmenteraient avec l'ouverture internationale.

En outre, les effets du commerce international sont différents selon le niveau de développement des pays. Heil et Selden (2001) ont trouvé des résultats particulièrement intéressants à partir des données sur 132 pays entre 1950 et 1992, en affirmant que le commerce conduirait à une augmentation des émissions de CO₂ dans les pays à bas revenus, alors que la libéralisation commerciale réduirait ces émissions dans les PID. Ces recherches s'intègrent plus largement dans le débat sur la courbe environnementale de Kuznets, indiquant que les pressions environnementales augmenteraient avec la croissance économique dans les premiers stades de développement, ceci jusqu'à un certain seuil -point de retournement de la courbe-, où ces pressions diminueraient avec l'accroissement du revenu.

Se concentrant sur l'économie chinoise, Zeng et Eastin (2007) ont analysé les effets de l'ouverture économique sur les émissions de polluants (dioxyde de soufre, de suie et déchets solides) en utilisant la méthode des moindres carrés ordinaires. Les résultats montrent une corrélation négative entre les variables témoins de l'ouverture internationale⁸ et le niveau d'émissions de polluants ; sachant que la seule variable impactant réellement sur les émissions de polluants de manière significative serait les flux d'IDE, le coefficient de régression atteignant -0.215*** entre ces flux et les émissions de dioxyde de soufre, -0.208** avec les émissions industrielles de suie et -0.185*** avec les émissions de déchets solides.

Cette relation positive entre les flux d'IDE et la qualité de l'environnement a aussi été mise en évidence par les travaux de Mielnik et Golomberg (2002), analysant le déclin de l'intensité énergétique de vingt PED parallèlement à un accroissement des investissements étrangers entrants. La raison principale de cette relation positive entre investissements étrangers et amélioration de l'efficacité énergétique est due à l'acquisition de technologies modernes contenues dans ces flux. Le coefficient de détermination mis en évidence par les auteurs est particulièrement élevé (R²=0.8692) ; 87% de la variation de l'intensité énergétique sont expliqués par la part des IDE dans l'investissement domestique global.

⁸ Les quatre variables testées dans ce modèle ont été la variable *Openness* (somme des exportations et importations des provinces chinoises rapportées à leur PIB) ; la variable *Foreign Direct Investment* (flux d'IDE entrants par ans et par provinces), la variable *Impgdp* mesurant la part des importations dans le PIB ; ainsi que la variable *Expdp* relatant la part des exportations dans le PIB de chaque province.

Toutefois, la détermination de transferts de technologies vertes supportés par les flux commerciaux demeure complexe, la difficulté majeure étant de déterminer quels types de biens échangés seraient compatibles avec la protection de l'environnement. Cette étude nécessite alors l'élaboration d'une grille d'analyse afin de préciser quels biens peuvent intégrer ces technologies propres. De fait, la liste des biens environnementaux de l'OCDE (2001) permet de déterminer les biens pour lesquels le commerce est profitable pour la qualité de l'environnement, du fait des qualités environnementales inhérentes de ces biens et/ou de leur usage final.

• Les études empiriques liant commerce international de biens et services environnementaux et émissions de polluants ont fait apparaître une corrélation négative entre ces variables ; les importations de biens environnementaux étant corrélées positivement avec l'amélioration de l'indicateur de performance environnementale, la réduction des émissions de polluants et l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Très peu d'études empiriques ont étudié les impacts économiques et environnementaux d'une libéralisation du commerce des biens environnementaux⁹. L'ICTSD (2008) a analysé les déterminants des importations de biens environnementaux, ainsi que leurs impacts sur la qualité de l'environnement d'un pays, approximé par l'*Environmental Performance Index* (EPI)¹⁰. La régression linéaire démontre une corrélation entre l'EPI et les importations de biens environnementaux importante et significative à un niveau de 1% pour les produits liés au nettoyage ou à l'assainissement des sols et des eaux, les produits dans la catégorie des centrales utilisant des énergies renouvelables et les produits permettant une gestion de la chaleur et de l'énergie. En d'autres termes, plus le rang de l'EPI du pays est élevé, et plus sa participation au commerce international de biens environnementaux sera significative ; mais la lecture du lien entre les deux variables peut aussi être faite dans le sens inverse : plus le pays importe des biens environnementaux et plus son classement dans l'EPI est élevé.

De plus, le commerce international de biens environnementaux est négativement corrélé avec les émissions de polluants, appréhendés par Teh et Bora (2004) comme les émissions de NO_x, la demande biochimique en oxygène et la consommation d'énergie par habitant. Ainsi, les pays qui participent le plus activement au commerce international de biens environnementaux connaissent relativement moins de pollution et utilisent les ressources énergétiques plus efficacement.

Cette relation entre commerce et environnement peut être expliquée par deux mécanismes particuliers. Tout d'abord, la politique environnementale serait le premier facteur influençant cette relation, l'élaboration de cette législation étant désormais fortement liée aux politiques d'ouverture internationale. Deuxièmement, c'est bien le développement économique qui est le canal d'impact le plus significatif, grâce à l'amélioration de son activité économique le pays peut mettre en place des politiques environnementales plus strictes, contribuant à diminuer les émissions de polluants (la participation d'un pays au commerce

⁹ Récemment, plusieurs études ont analysé l'impact du commerce international (de biens et services environnementaux) sur l'élaboration de politiques environnementales. Les interactions entre le commerce international et la rigidité des politiques environnementales est largement étudiée dans la littérature [Canton, 2007 ; Fees et al., 2002]. La politique environnementale peut être ainsi utilisée comme un outil stratégique pour favoriser l'acquisition et le développement domestique de technologies nouvelles et plus propres [Greaker et al., 2006].

¹⁰ Cet indice composite comprend 16 indicateurs et classe les pays selon la satisfaction d'objectifs environnementaux. Le classement des pays selon l'EPI est disponible à l'adresse < <http://epi.yale.edu/>>

international de biens environnementaux étant fortement liée à son niveau de développement économique) [Zugravu-Soilita, 2009].

Ainsi, la relation vertueuse entre commerce de biens environnementaux et émissions de polluants est basée sur un « effet revenu » : c'est l'amélioration du niveau de développement économique des nations considérées qui permet un verdissement des processus de production ; du fait d'une part, d'un renforcement des préoccupations environnementales des populations, d'autre part, d'un accroissement des importations de biens compatibles avec la protection de l'environnement, et enfin, d'une modification de la structure productive vers des productions moins émettrices de polluants. La propriété technique du commerce international (Grossman et Krueger (1993) ; Copeland et Taylor (1994)) est ainsi centrale dans la relation positive entre commerce et environnement, s'appuyant sur un effet revenu lié à la participation des pays dans les échanges mondiaux.

Afin de déterminer les volumes potentiels des transferts de technologies vertes entre la Chine et le Japon, il est nécessaire d'analyser empiriquement les échanges de biens environnementaux entre ces deux pays.

II. Echanges de biens environnementaux : volumes, polarisation et transferts de technologies vertes

La participation de la Chine aux échanges internationaux de biens environnementaux est considérée comme contribuant à la création de conditions favorables à une dynamique de transferts de technologies vertes inhérentes à ces biens. Ainsi, grâce à l'importation de certains biens environnementaux à forte valeur ajoutée, l'économie chinoise peut améliorer l'efficacité environnementale de ses processus productifs en s'appropriant les technologies incorporées, les adaptant aux conditions locales, pour ensuite les réexporter (a). Bien que les relations de causalité entre le commerce international et les émissions de polluants soient ambivalentes dans la littérature, il apparaît que lorsque cette analyse est transposée au cas chinois, les importations depuis le reste du monde apparaissent négativement corrélées avec l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois, confortant notre hypothèse de transferts de technologies vertes supportés par les flux commerciaux (b).

2.1. Commerce de biens environnementaux entre la Chine et le Japon

Afin de quantifier les transferts de technologies vertes au travers des flux commerciaux depuis le Japon vers la Chine, a été mobilisée la liste des biens environnementaux de l'OCDE¹¹ afin d'étudier les flux commerciaux entre la Chine, le Japon et le reste du monde selon les codes du Système Harmonisé correspondant aux biens listés¹². Ces données ne sont toutefois pas exhaustives et les conclusions tirées se heurtent aux obstacles liés aux multiples usages des biens environnementaux et à l'imprécision des codes du SH à six chiffres. La

¹¹ Deux listes de biens environnementaux sont internationalement reconnues : celle de l'OCDE (2001) et celle de l'APEC. Il y a dans la plupart des cas correspondance entre les deux listes même si des biens similaires ont été classés dans des catégories différentes. La liste de l'APEC est plus restrictive que celle de l'OCDE car les pays n'ont pas pris en considération les produits issus de processus de production plus respectueux de l'environnement, étant donné les usages non environnementaux de ces biens et les difficultés d'identification liées [OCDE, 2005b]. L'analyse empirique se base sur la liste élaborée par l'OCDE (2001) étant donné que c'est celle qui a été retenue lors des négociations au sein de l'Organisation Mondiale du Commerce.

¹² Les données sur les flux commerciaux désagrégés par biens environnementaux selon le code du SH correspondant sont issues de la base de données *Comtrade* des Nations-Unies, disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org>>

dynamique de transferts de technologies a été approximée comme illustrée par un ralentissement des importations des technologies préalable à une croissance de leurs exportations. Ainsi, suivant cette hypothèse, le pays a importé des biens contenant des technologies vertes et a pratiqué pour certains d'entre eux une stratégie de substitution des importations, pour en maîtriser le contenu technologique et enfin devenir exportateur net. Il est important de préciser qu'il existe un décalage temporel entre la baisse des importations et la croissance des exportations pour certains biens environnementaux, reflétant la temporalité nécessaire à toute diffusion technologique effective [Blackman, 2002].

Tous les biens environnementaux sur la liste de l'OCDE (2001) ne sont pas à forte valeur ajoutée (ex : les centrifugeuses ou encore les machines à broyer les pneumatiques) et de plus, la Chine ne maîtrise pas le contenu technologique de tous les biens désignés comme ayant une forte valeur ajoutée. Ainsi, dans le cas des appareils pour l'épuration des liquides, la dynamique de transferts de technologies ne semble pas achevée étant donné que les exportations demeurent largement inférieures aux importations. Dès lors, ont été choisis trois biens dans les domaines de la réduction de la pollution atmosphérique, de la gestion des eaux usées, et des technologies utilisant des sources d'énergie renouvelables ; biens de haute technologie pour lesquels a été identifiée une dynamique de transferts de technologies depuis l'étranger. Ces données représentent alors des indications sur les tendances du transfert de technologies vertes au travers des flux commerciaux, en identifiant les acteurs et les secteurs majoritairement concernés par cette dynamique.

A la vue des données de la base *ComTrade* (Tableau 1), il apparaît avant tout que le Japon est le partenaire commercial privilégié de la Chine dans le domaine des biens environnementaux, similairement au commerce total de biens manufacturés. Les firmes nippones ont fourni en moyenne 20% des importations chinoises de biens environnementaux en 2009, cette part étant plus importante pour les domaines de la réduction des bruits et des vibrations (42%), de la gestion des déchets solides (24) et des installations utilisant des énergies renouvelables (21%). Les importations chinoises sont en forte croissance depuis le début des années 1990, et tout particulièrement les importations d'installations et d'équipements permettant d'utiliser des sources d'énergie renouvelable (éolien, solaire, hydraulique).

Tableau 1. Echanges de biens environnementaux de la Chine en 2009

Catégories de biens environnementaux	Importations chinoises	Parts du Japon dans les importations chinoises	TCAM des importations chinoises entre 1992 et 2009	Exportations chinoises
A. Gestion de la pollution				
1. Contrôle de la pollution de l'air	7 795 531 995	17.9%	15.62%	6 537 512 426
2. Gestion des eaux usées	15 276 381 046	18.9%	15.36%	18 828 815 705
3. Gestion des déchets solides	6 650 852 928	24.0%	8.95%	5 164 613 373
4. Dépollution et assainissement	304 821 286	13.0%	27.54%	1 246 789 218
5. Réduction des bruits et des vibrations	2 447 281 507	42.3%	11.26%	2 177 532 234
6. Surveillance, analyse et évaluation de l'environnement	8 884 499 303	20.0%	17.14%	3 132 417 431
B. Technologies et produits moins polluants				
2. Produits moins polluants / plus économes en ressources	176 697 162	15.6%	11.12%	71 542 959
C. Gestion des ressources				
2. Traitement et distribution de l'eau potable	46 595 118	12.2%	13.40%	120 770 827
4. Installations utilisant des énergies renouvelables	5 453 414 211	21.7%	31.49%	289 056 918
5. Gestion et économies en matière d'énergie / chauffage	1 615 631 155	13.4%	18.20%	4 392 208 126
TOTAL	48 651 705 711	20.9%	-	41 852 559 217

Note : L'acronyme TCAM signifie taux de croissance annuel moyen.

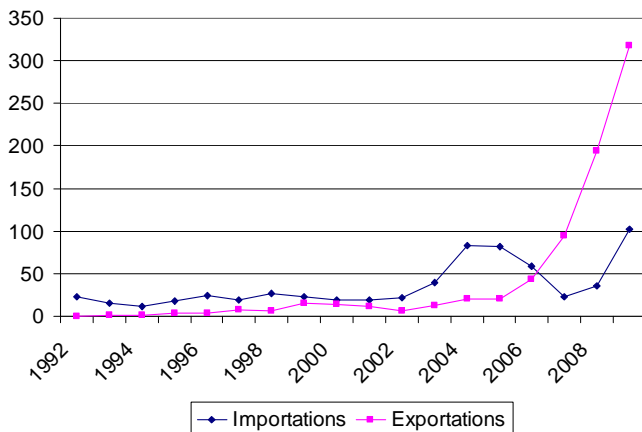
La liste des biens environnementaux retenue est celle de l'OCDE (2001).

Source : D'après la base de données *ComTrade*

Premièrement, dans le domaine des technologies de contrôle de la pollution atmosphérique, les importations chinoises ont augmenté de presque 16% en moyenne par an entre 1992 et 2009, passant de 571 millions de dollars à presque 8 milliards en 2009. C'est à partir de la fin des années 1990 que les volumes de biens environnementaux luttant contre la pollution atmosphérique augmentent le plus rapidement, témoignant de la prise de conscience de la société chinoise des exigences liées aux changements climatiques et au Protocole de Kyoto (1997). Cette catégorie de biens environnementaux, dont l'utilisation permet de réduire le niveau de pollution atmosphérique (Compresseurs, installations pour l'épuration de l'air et des gaz, fours à résistance électrique...), représentent une part non négligeable des importations totales de la Chine de biens environnementaux (16%). Le Japon demeure le partenaire privilégié de l'économie chinoise derrière l'Europe dans son ensemble, fournissant sur la période entre 25 et 16.5% des importations chinoises de biens environnementaux

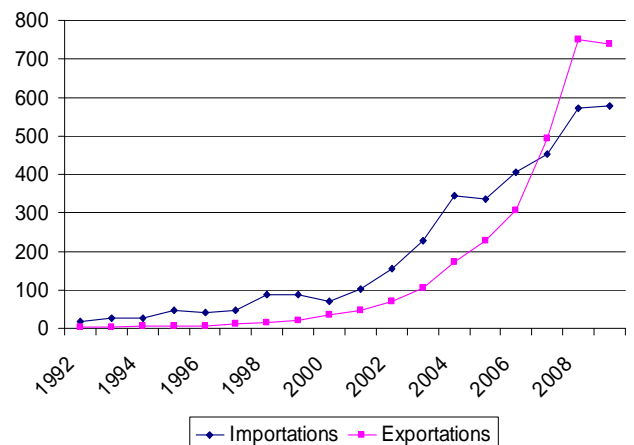
réduisant la pollution de l'air. Lorsque l'on étudie la situation de certains biens de haute technologie visant à lutter contre la pollution atmosphérique, l'accroissement des exportations de la Chine depuis le début des années 2000 après une dynamique de baisse des importations depuis le reste du monde témoigne d'un processus d'apprentissage de la part de l'économie chinoise et d'une stratégie de substitution des importations. Ainsi, les graphiques 1 et 2 exposent les niveaux d'exports et d'imports totaux respectivement pour les appareils pour la liquéfaction de l'air et d'autres gaz (utilisés comme séparateurs dans la lutte contre la pollution atmosphérique) et les pièces pour appareils de filtrages (utilisés dans les convertisseurs catalytiques permettant de réduire les niveaux d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone et d'oxyde d'azote).

Graphique 1 Exportations et importations chinoises d'appareils pour la liquéfaction de l'air et d'autres gaz (code SH 8419.60) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Source : D'après la base de données ComTrade

Graphique 2. Exportations et importations chinoises de pièces pour appareils de filtrage (code SH 8421.99) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Source : D'après la base de données ComTrade

Trois raisons principales peuvent expliquer l'évolution de la balance commerciale chinoise de ces biens. D'une part, l'adhésion de la Chine à l'OMC en 2001 lui a permis de bénéficier de la libéralisation commerciale déjà instaurée dans les autres pays membres depuis l'Uruguay Round et de la baisse des entraves tarifaires au commerce. Ainsi, les producteurs chinois ont pu profiter de perspectives de marché élargies du fait de leur intégration dans l'Organisation. D'autre part, la croissance des exportations successives au ralentissement des importations peut être expliquée par un processus de diffusion des technologies contenues dans ces biens importés en Chine, les producteurs nationaux ayant bénéficié d'un effet d'apprentissage lié aux importations et ont pu substituer –tout du moins partiellement- à leurs importations leur production nationale. Enfin, l'installation d'entreprises étrangères sur le sol chinois et sa participation à la division internationale des processus productifs à l'œuvre particulièrement en Asie sont des facteurs explicatifs supplémentaires de la croissance des exportations chinoises [Lemoine et al., 2002].

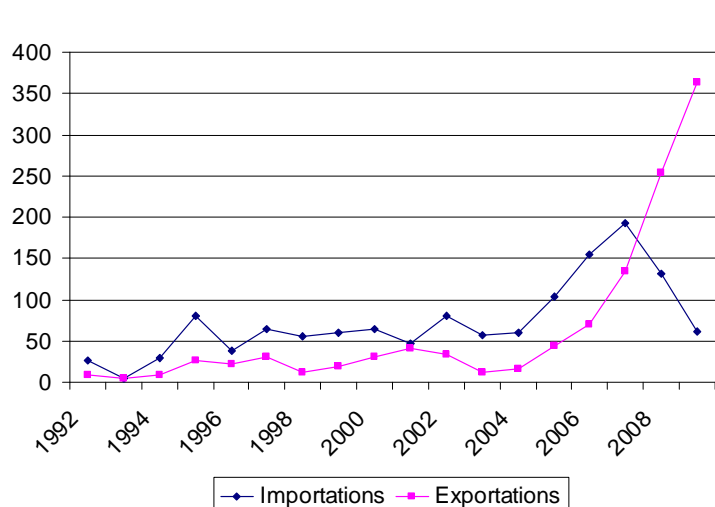
Deuxièmement, les importations chinoises de biens environnementaux dans le domaine de la gestion des eaux usées ont augmenté de plus de 15% en moyenne par an entre 1992 et 2009 représentant une part significative (31%) des importations chinoises de biens environnementaux. A l'instar des importations de biens permettant de traiter la pollution

atmosphérique, les importations dans cette catégorie de produits ont augmenté significativement à partir du début des années 2000, témoignant de l'importance du problème de la mauvaise qualité de l'eau en Chine¹³. Dès lors, la croissance des importations d'équipements traitant les eaux usées et permettant de récupérer les carburants et produits chimiques conforte la volonté des pouvoirs publics chinois de renverser la tendance et d'améliorer la qualité de ses ressources. Dans les faits, le Japon reste un fournisseur majeur de biens permettant de dépolluer et de traiter les eaux usées en Chine, en fournissant en 2009 près de 19%. Le graphique 3 représente la croissance significative des exportations de turbines hydrauliques chinoises depuis le début des années 2000 couplée à une baisse des importations de ces biens à un stade où l'économie a développé les compétences technologiques pour leur manufacture domestique. Plus précisément, ce sont surtout les productions de turbines d'une capacité supérieure à 10 000 KW, non maîtrisées dans les années 1990, qui expliquent la forte croissance des exportations depuis le début des années 2000 (Graphique 4) Ce phénomène est, d'une part, attribuable à la dynamique chinoise d'ouverture internationale depuis la fin des années 1990. D'autre part, la remontée en gamme technologique de l'économie chinoise est due partiellement à ses importations de biens environnementaux et à l'appropriation des technologies incorporées, mais aussi à la localisation de FTN étrangères sur son territoire, ces dynamiques engendrant des effets d'apprentissage et d'entraînement.

Troisièmement, la Chine a importé pour 8.4 milliards de biens enregistrés comme mettant en valeur des sources d'énergie renouvelable en 2009, sachant que le Japon demeure toujours son partenaire commercial privilégié fournissant à hauteur de 30% de ses importations à cette date. Le Graphique 5 retranscrit la croissance des importations chinoises totales et depuis le Japon des biens d'énergie renouvelable depuis le début des années 2000, démontrant que bien que la Chine diversifie ses fournisseurs à partir des années 2000 (du fait de son entrée dans l'OMC), le Japon demeure un fournisseur important de ce type de biens. Le processus de diffusion technologique peut également être appréhendé par l'étude du commerce de pompes éoliennes, pour lesquelles la Chine est devenue exportatrice nette à partir de l'année 2005, malgré une diminution des imports et des exports à partir de 2007 due à un ralentissement de l'activité économique mondiale (Graphique 6).

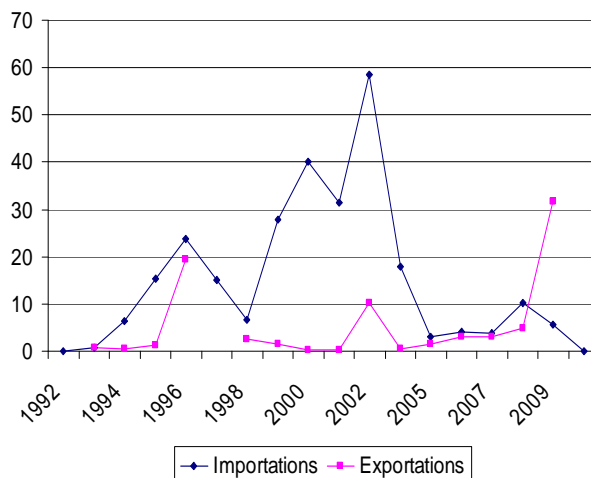
¹³ Selon l'OCDE, en 2007, dans près de la moitié des grandes villes chinoises les normes relatives à la qualité de l'eau potable ne seraient pas satisfaites et malgré l'habitude des populations locales de faire bouillir l'eau avant de la consommer, les empoisonnements chroniques à l'arsenic et aux fluorures restent courants. Ainsi, environ un tiers des cours d'eau, trois quart des principaux lacs et un tiers des eaux côtières en Chine sont fortement pollués. Cette situation est attribuable aux rejets d'eaux non traitées provenant des grandes villes, au fonctionnement parfois intermittent des stations d'épuration, à l'évacuation des eaux usées des grandes industries polluantes et à l'utilisation excessive d'engrais chimiques et de pesticides dans les zones agricoles [OCDE, 2007 ; Taithe, 2007].

Graphique 3. Exportations et importations chinoises de turbines hydrauliques (code SH 8410.00) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Source : D'après la base de données ComTrade

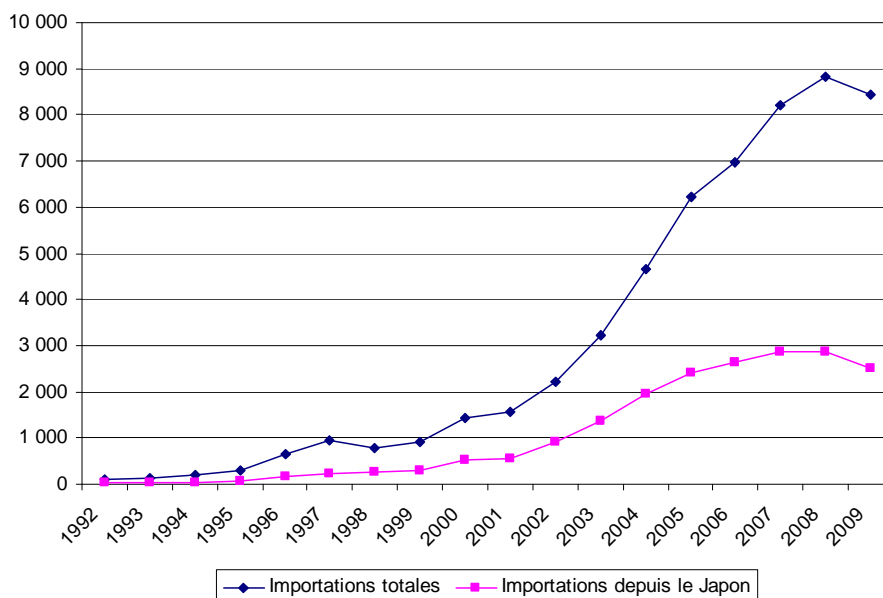
Graphique 4. Exportations et importations chinoises de turbines hydrauliques sup. à 10 000 KW (code SH 8410.13) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Note : Les valeurs sont manquantes pour les exportations pour les années 1992 et 1997

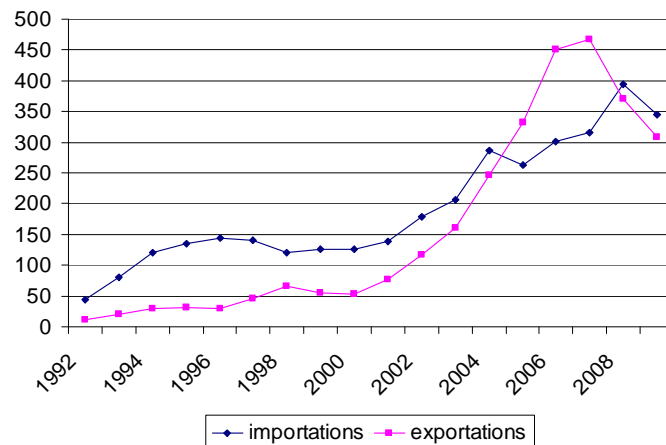
Source : D'après la base de données ComTrada

Graphique 5 Importations totales de la Chine et depuis le Japon de produits et technologies liées aux énergies renouvelables (en millions de dollars) entre 1992 et 2009



Source : D'après la base de données ComTrade

Graphique 6. Importations et exportations chinoises de pompes éoliennes (code SH 8413.81) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Source : D'après la base de données *ComTrade*

Malgré la difficulté d'appréhender la diffusion technologique intégrée aux les flux commerciaux, les données de la base *ComTrade* sur les échanges de biens environnement nous ont permis d'identifier certains biens pour lesquels la Chine aurait bénéficié de transferts de technologies vertes depuis ses partenaires commerciaux : les appareils pour la liquéfaction de l'air et d'autres gaz et les pièces pour appareils de filtrage qui permettent de traiter l'air, les turbines hydrauliques ou encore les pompes éoliennes. Le Japon est son partenaire commercial privilégié et ses avancées technologiques et environnementales ont favorisé une remontée en gamme de l'industrie chinoise. Même si ces résultats restent approximatifs, ils indiquent des tendances de transferts et démontrent que la Chine ne reste pas un pays importateur net de technologies mais a pu favoriser un processus d'absorption des technologies incorporées dans les biens importés.

2.2. Commerce de biens environnementaux et qualité de l'environnement

Sachant que les liens statistiques entre émissions de polluants et commerce international ont été partiellement démontrés dans la littérature, nous avons choisi, plutôt que d'utiliser les niveaux d'émissions en valeur absolue comme cela a été fait dans de nombreuses recherches, de mesurer la corrélation entre le verdissement de la croissance économique chinoise et le commerce international.

D'une part, les données retenues comme caractérisant la participation de la Chine dans les échanges internationaux sont issues de deux bases de données. Les importations totales de biens environnementaux de la Chine entre 1992 et 2009 ont été tirées de la base *Comtrade*, de même que les importations et exportations chinoises entre 1980 et 2009. Les données sur les flux d'IDE entrants dans le pays sont extraites du *World Investment Report* de la CNUCED. D'autre part, les variables témoignant du verdissement de la croissance économique chinoise sont, premièrement, l'intensité carbonique du PIB (émissions de CO₂ par rapport au PIB), deuxièmement, l'intensité énergétique de l'économie chinoise (consommation d'énergie primaire par points de PIB), ces deux indicateurs ont été tirés de la base *Enerdata* et étudiés sur la période 1980-2009. Troisièmement, les émissions de dioxyde de soufre sont apparues dans la littérature comme négativement corrélée à l'accroissement des échanges internationaux. De ce fait, ont été prises en compte les émissions de SO₂ chinoises rapportées

à son PIB sur la période 1997-2008 d'après le *China Environment Yearbook*, le manque de données sur ces émissions ne nous permettant pas de considérer une période plus longue. Les données sur les émissions d'oxyde nitreux chinoises ne sont pas disponibles sur une période suffisamment longue pour les traiter dans le cadre de notre étude statistique.

Le tableau 2 décrit les coefficients de corrélation entre les importations de biens environnementaux par l'économie chinoise et, d'une part, l'intensité énergétique, d'autre part, l'intensité carbonique du PIB, et enfin, les émissions de SO₂ par points de PIB. Ces derniers indicateurs sont décroissants entre 1980 et 2009, le verdissement de la croissance chinoise étant due à un accroissement du PIB plus rapide que celui de la consommation d'énergie primaire et des émissions de SO₂ et de CO₂.

Tableau 2. Corrélation bi-variées - Importations de biens environnementaux

		Emissions de SO ₂ /PIB	Intensité carbonique du PIB	Intensité énergétique du PIB
Importations de biens environnementaux	Corrélation de Pearson	-,774***	-,664***	-,690***
	N	12	18	12

*** : La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral)

Sources des données : Les données pour les importations de biens environnementaux chinoises couvrent la période 1992-2009 et sont construites à partir de la base *ComTrade*. Les données sur les émissions de SO₂ sont issues du *China Environment Yearbook* (1997-2008) et sont disponibles pour la période 1997-2008. Les données sur l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois sont compilées à partir de la base de données *Enerdata*, disponibles pour la période 1980-2009.

Les coefficients de corrélation négatifs entre les importations de biens environnementaux et les émissions de polluants (CO₂, SO₂) rapportées au PIB ainsi que l'intensité énergétique de l'économie chinoise sont majoritairement dus à « l'effet revenu » du commerce international. Les importations de biens environnementaux chinoises sont fortement corrélées avec l'accroissement du PIB, lequel explique le déclin des indicateurs étudiés. Ainsi, c'est l'accroissement du revenu national lié à la participation dans les échanges internationaux qui permet à l'économie chinoise de bénéficier d'un effet technique, et donc de décroître l'intensité polluante de sa croissance économique. Ces coefficients de corrélation déterminent l'existence d'un lien négatif entre les variables étudiées, sans pour autant nous permettre d'en déduire de relation de causalité.

Les importations de biens environnementaux par l'économie chinoise ne sont pas caractérisées par des flux quantitatifs conséquents, ne représentant en 2006 que seulement 5% des importations chinoises totales. De ce fait, nous considérons les importations totales de la Chine ainsi que les flux d'IDE entrants afin d'étendre le pouvoir explicatif de ces corrélations.

Le même constat que pour les biens environnementaux peut être tiré lorsque l'on analyse les corrélations entre les indicateurs de l'ouverture internationale (importations chinoises, flux entrants d'IDE et variable « commerce » calculée comme la somme des exportations et importations) et les différents « témoins » du verdissement la croissance chinoise (émissions de SO₂ rapportées au PIB, intensité énergétique et carbonique du PIB chinois). Le tableau 3 décrit les coefficients de corrélation entre les indicateurs de l'ouverture économique et les polluants sélectionnés.

Tableau 3. Corrélations bi-variées – Ouverture internationale

		Intensité carbonique du PIB	Emissions de SO ₂ /PIB	Intensité énergétique du PIB
IDE	Corrélation de Pearson	-,821 ^{***}	-,760 ^{***}	-,834 ^{***}
	N	20	12	30
Importations	Corrélation de Pearson	-,558 ^{**}	-,800 ^{***}	-,589 ^{***}
	N	20	12	30
Commerce	Corrélation de Pearson	-,625 ^{***}	-,793 ^{***}	-,623 ^{***}
	N	19	12	29

***. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

** . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

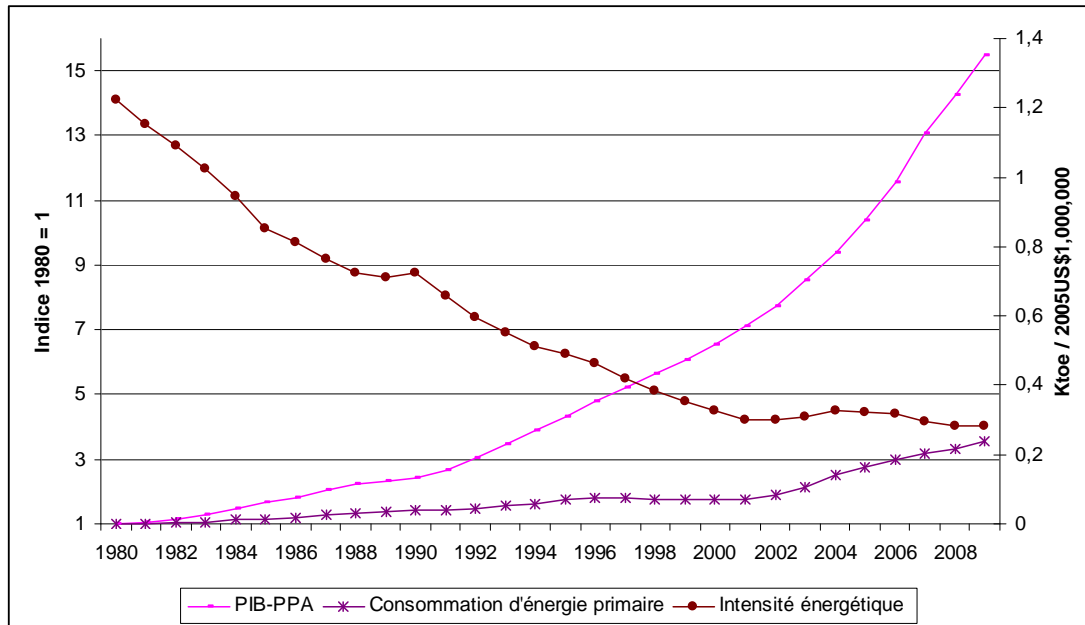
Sources des données : Les données sur les flux d'IDE entrants en Chine sont issues du *World Investment Report* de la CNUCED, celles sur les importations et exportations totales chinoises de la base de données *Enerdata* et concernent la période 1980-2009.

Deux conclusions peuvent être tirées de ces corrélations. D'une part, les coefficients les plus significatifs concernent les flux d'IDE, les corrélations sont importantes et significatives à un niveau de 1% avec chacun des « témoins » du verdissement de la croissance économique chinoise. Soulignons tout de même que la corrélation la plus robuste est repérée avec le déclin de l'intensité énergétique du PIB (-0.834^{**}). D'autre part, bien que connaissant des coefficients de corrélation plus faibles, les importations sont tout de même fortement corrélées avec la baisse des émissions de SO₂ par rapport au PIB (corrélation de -0.800^{**} significative à un niveau de 1%). Cette étude statistique est principalement contrainte par la corrélation existante entre les indicateurs de l'ouverture économique étudiés et le PIB chinois (lequel est intégré à la construction des différents indicateurs « témoins » du verdissement de la croissance chinoise).

Ainsi, lorsque que l'on concentre l'analyse sur le déclin de l'intensité énergétique chinois, trois types d'explications sont avancées (Cf. graphique 7). Le premier type de facteur explicatif concerne les gains de productivité énergétique (changements dans le ratio d'utilisation d'énergie par rapport à la production). Ces gains en termes d'efficacité énergétique peuvent être expliqués par les réformes mises en place par le gouvernement chinois depuis son ouverture économique, et ainsi par la suppression des prix encadrés par l'Etat. Garbaccio et *alii.* (1999) démontrent qu'entre 1987 et 1992, les changements techniques à l'intérieur des secteurs expliquent la majeure partie de la baisse de l'intensité énergétique chinoise. Le deuxième type de facteurs explicatifs concerne les changements structurels dans l'industrie chinoise, caractérisés par un déclin des industries lourdes très intensives en énergie. L'ouverture de l'économie chinoise ainsi que la suppression des investissements dirigés par l'Etat ont altéré la rentabilité de ces industries, ce qui a permis une amélioration de l'intensité énergétique du PIB. La modification de cette spécialisation productive en faveur d'industries légères au détriment d'industries lourdes fortement consommatrices d'énergie explique alors l'évolution de cet indicateur. De plus, Fisher-Vanden et *alii.* (2004) soulignent que l'augmentation des revenus des ménages a engendré une modification de la demande intérieure, vers davantage de biens de consommation et de produits électroniques. Enfin, le dernier type de facteurs explicatifs du déclin de l'intensité énergétique de l'économie chinoise est lié aux imperfections du système statistique national. Les autorités statistiques nationales auraient alors tendance à surestimer la croissance de la

production et à sous-estimer celle de la consommation d'énergie primaire [Garbaccio et alii. (1999) ; Fisher-Vanden et alii. (2004)].

Graphique 7. Variation de la consommation d'énergie et du PIB en parité de pouvoir d'achat – Chine (1980-2009)

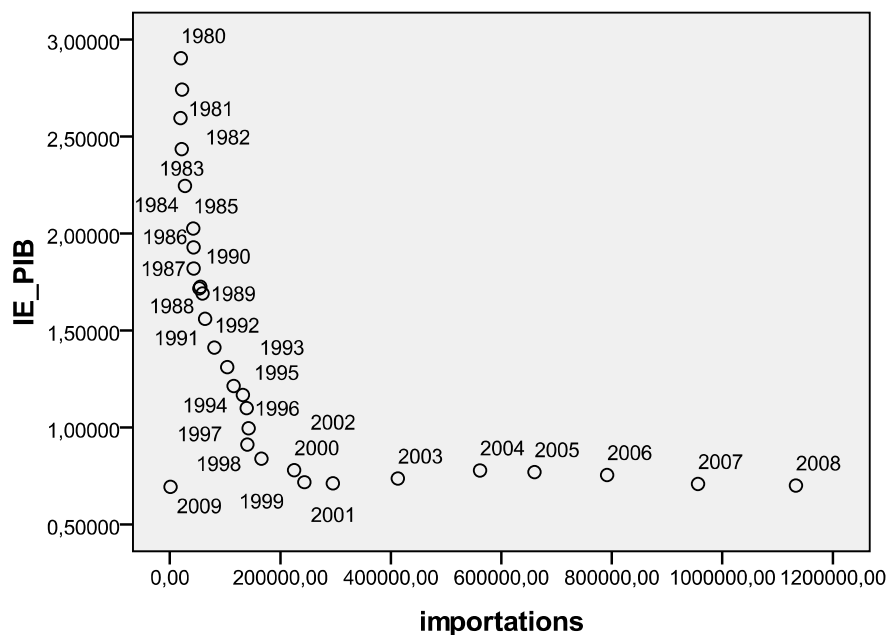


Source : D'après la base de données Enerdata.

Les transferts de technologies vertes *via* le commerce international participent donc à engendrer une amélioration de l'efficacité énergétique de la structure productive chinoise, caractérisée par le déclin de l'intensité énergétique du PIB. C'est par le biais de l'importation de technologies dotées d'une efficacité énergétique supérieure que le contenu polluant de la croissance économique chinoise peut décroître.

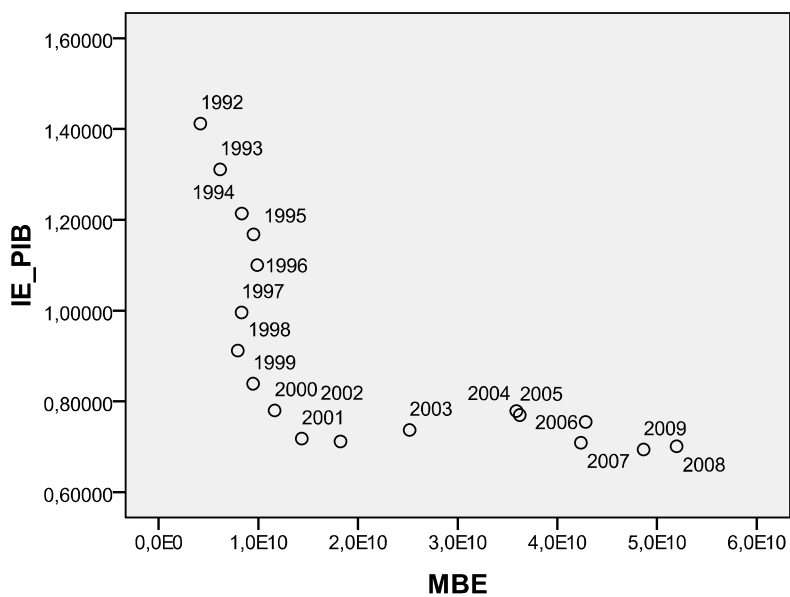
Les graphiques 8, 9 et 10 représentent seulement les nuages de points liés aux corrélations précédentes. Chacun des indicateurs de la participation de la Chine au commerce international est lié à l'intensité énergétique par un « effet revenu », handicapant fortement notre étude statistique.

Graphique 8 Corrélation entre l'intensité énergétique et les importations totales chinoises



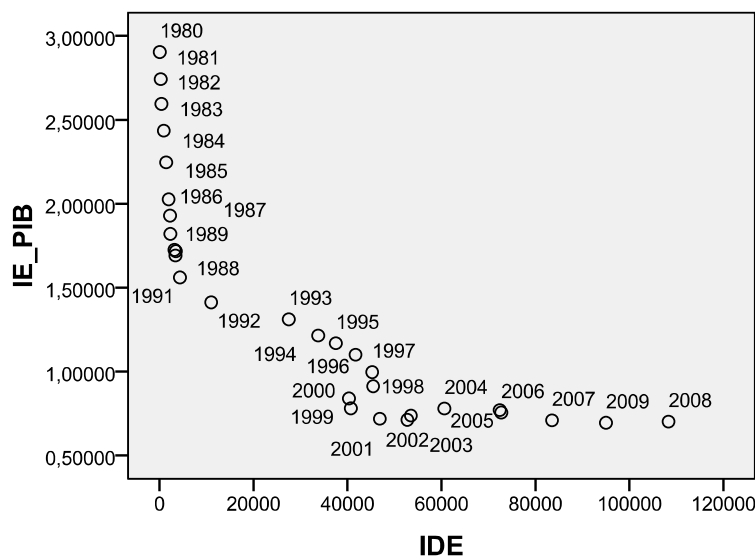
Source : Les données sont issues de la base *Enerdata*

Graphique 9 Corrélation entre l'intensité énergétique et les importations de biens environnementaux chinoises



Source : Les données sur l'intensité énergétique du PIB chinois sont issues de la base *Enerdata*, celles sur les importations de biens environnementaux de la base *ComTrade*.

Graphique 10 Corrélation entre l'intensité énergétique et les flux d'IDE entrants en Chine



Source : Les données sur l'intensité énergétique du PIB chinois sont issues de la base *Enerdata*, et celles sur les flux d'IDE entrants du *World Investment Report* de la CNUCED.

A la vue de ces graphiques, trois commentaires majeurs peuvent être établis. **Premièrement**, les trois graphiques montrent une forte baisse de l'intensité énergétique jusqu'au début des années 2000, période à partir de laquelle les indicateurs de l'ouverture de la Chine augmentent fortement. Nous pouvons expliquer cette forte croissance des IDE et des importations chinoises par l'adhésion de la Chine à l'OMC en 2001, et par l'assouplissement des modalités d'entrée des capitaux sur son territoire. **Deuxièmement**, le nuage de points reliant importations et intensité énergétique du PIB démontre un différentiel important en termes d'efficacité de la politique de réduction de la consommation d'énergie en fonction des périodes étudiées. Ainsi, les gains d'intensité énergétique annuels pendant les années 1980 sont de plus forte ampleur que ceux des années 1990 et 2000. Ce phénomène témoigne encore une fois du changement structurel de la production chinoise sur la période 1980-1990, pendant laquelle la Chine possédait de nombreuses industries lourdes fortement polluantes. **Troisièmement**, parallèlement aux recherches effectuées ces dernières années dans ce champ de la science économique, nous identifions les flux d'IDE entrants sur le territoire chinois comme étant les plus fortement corrélés avec le déclin de l'intensité énergétique de l'économie¹⁴. L'effet revenu lié aux investissements entrants et aux importations chinoises restreint les conclusions que nous pourrions tirer de ces recherches : la croissance économique contribue à une participation accrue de la Chine dans les échanges internationaux et à l'entrée de capitaux étrangers sur son territoire, et à l'inverse, les flux d'IDE entrants expliquent l'augmentation du PIB domestique. En conclusion, ces résultats ne sont dans un premier temps qu'approximatifs, mais les corrélations entre les indicateurs de l'ouverture internationale ainsi que le déclin de l'intensité énergétique du PIB chinois nous permettent d'appréhender une dynamique de transferts de technologies vertes au travers des flux économiques. Ce déclin de l'intensité énergétique du PIB chinois peut donc être attribué en partie à l'introduction de technologie améliorant l'efficacité énergétique de l'économie [Mielnik et al., 2002].

¹⁴ Mielnik O., et Goldemberg J. (2002) ont analysé la relation entre le déclin de l'intensité énergétique et les investissements entrants dans les pays en développement. Les auteurs ont mis en évidence un déclin de l'intensité énergétique lié à une augmentation des Ide entrants, du fait de l'introduction de technologies modernes contenues dans ces flux, sur la période 1987 à 1998. le coefficient de détermination $R^2=0.8692$ représente la proportion des fluctuations de l'intensité énergétique qui est attribuable à la part des Ide dans l'investissement total.

Conclusion

Cette contribution a permis de montrer un lien entre l'insertion économique de la Chine dans le commerce international et ses acquisitions de technologies qui ont favorisé les changements structurels de son économie. Ainsi, les flux commerciaux entre la Chine et le Japon sont vecteurs de technologies vertes, contribuant aux gains de productivité énergétique des firmes chinoises ainsi qu'au déclin de la consommation primaire d'énergie. La modification de la structure productive de l'économie chinoise a complexifié la détermination des effets du commerce international sur l'environnement, les industries lourdes fortement polluantes et consommatrices d'énergie étant progressivement abandonnées au profit d'industries légères moins émettrices de GES.

En outre, la diversité des canaux de transferts de technologies et la complexité du processus de diffusion technologique (actifs physiques corporels et diffusion de connaissances et d'informations inhérentes à la technologie) restreint la portée analytique de l'étude des flux commerciaux. Les flux d'IDE ainsi que les données sur les familles internationales de brevets seraient alors des canaux de transferts pertinents afin d'étudier d'une manière plus précise les technologies vertes transférées depuis le Japon vers la Chine. Il est de même possible d'étudier la localisation d'activités de recherche et développement japonaises sur le sol chinois afin de déterminer la transmission de la dimension intangible de la technologie.

Bibliographie

- ALLENBY B., 2002, Neo environmental technologies Telework Redivivus., *Environment Quality Management*, Été 2002, pp.15-27.
- ANTWEILER W., COPELAND B.R. et TAYLOR M.S., 2001, Is Free Trade Good for the Environment ?, *The American Economic Review*, Vol.91, N°4, pp.877-908.
- BLACKMAN A., 2002, The Economics of Technology Diffusion: Implications for Sustainable Development, *Resources For the Future*, Août, N°24.
- BREWER T.L., 2008, International energy technology transfers for climate change mitigation, *CESIFO Working Paper*, N°2408, Category 8: Resources and Environment, Septembre.
- CANTON J., 2007 *Environmental taxation and international eco-industries*, FEEM Working Paper, N°26.2007, disponible à l'adresse <<http://www.feem.it/userfiles/attach/Publication/NDL2007/NDL2007-026.pdf>>
- COLE M.A. et ELLIOTT R.J.R., 2003, Determining the Trade Environment Composition Effect: the Role of Capital, Labor and Environmental Regulations, *Journal of Environmental Economic and Management*, Vol.46, N°3, Novembre, pp.363-383.
- COPELAND B.R., 2004, Trade, Growth and the Environment, *Journal of Economic Literature, American Economic Association*, Vol.42, N°1, pp.7-71, Mars.
- COPELAND B.R. et TAYLOR S.M., 1994, North-South Trade and the Environment, *Quarterly Journal of Economics*, N°109, août, pp.755-787.
- DI MARIA C. et VAN DER WERFE. , 2008, Carbon leakage revisited: unilateral climate policy with directed technical change, *Environmental and Resource Economics*, Vol.39, N° 2, février, pp. 55-74.
- FEES E. et MUEHLHEUSSER G., 2002, Strategic environmental Policy, Clean technologies and the Learning Curve, *Environmental and Resource Economics*, Vol.23, N°2, octobre, pp.149-166.
- FISHER-VANDEN K., JEFFERSON G.H., JINGKUI M. et JIANYI X., 2006, Technology Development and Energy Productivity in China, *Energy Economics*, Vol.28, N°5-6, pp.690-705.
- FISHER-VANDEN K., JEFFERSON G.H., LIU H. et TAO Q., 2004, What is driving China's decline in energy intensity?, *Resource and Energy Economics*, N°26, pp.77-97.
- FRANKEL J. et ROSE A., 2005, Is Trade Good or Bad for the Environment? Sorting out the Causality, *Review of Economics and Statistics*, Vol.87, N°1, Février.
- GARBACCIO R.F., HO M.S. et JORGENSON D.W., 1999, Why has the energy-output ratio fallen in China ?, *Energy Journal*, Vol.20, N°3, pp.63-91.
- GOLOMBEK R. et HOEL M., 2004, Unilateral Emission Reductions and Cross-Country Technology Spillovers, *Advances in Economic Analysis and Policy*, Vol.4, N°2, Article 3, disponible sur <<http://www.bepress.com/bejeap/advances/vol4/iss2/art3:>>
- GREAKER M. et ROSENDAHL E., 2006, *Strategic Climate Policy in Small Open Economies*, Discussion Paper, N°448, Mars, Statistics Norway, Research Department, disponible à l'adresse <<http://www.ssb.no/publikasjoner/DP/pdf/dp448.pdf>>
- GROSSMAN G.M. et HELPMAN E., 1991, *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge.
- GROSSMAN G.M. et KRUEGER A.B., 1993, Environmental Impacts of North American Free-Trade, in P.M. Gharber (ed.) (1993) *The Mexico-US Free Trade Agreement*, Cambridge, MIT Press, pp.13-56.
- GRUBEL H. C. et LLOYD P. J., 1975, *Intra-industry trade, the theory and measurement of international trade in differentiated products*, Londres, Macmillan.
- HAKURA D. et JAUMOTTE F., 1999, The role of inter- and intra-industry trade in technology diffusion, *IMF Working Paper*, International Monetary Fund Washington, DC.
- HEIL M.T. et SELDEN T.M., 2001, International Trade Intensity and Carbon Emissions: a Cross-Country Econometric Analysis, *Journal of Environment & Development*, Vol.10, N° 1, pp.35-49.
- HOEKMAN B. et JAVORCIK B.S., 2006, *Global Integration and Technology Transfer*, Palgrave MacMillan, New York.
- HOEKMAN B., MASKUS K.E. et SAGGI K., 2005, Transfer of technology to developing countries: unilateral and multilateral policy option, *World Development*, Vol.33, N°10, pp.861-890.
- ICTSD, 2008, *Environmental priorities and trade policy for environmental goods: a reality check*, Issue Paper, N°7, Septembre.
- IEA, 2009, *Key World Energy Statistics*, International Energy Agency, disponible sur <http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1199>
- JOHNSTONE N., 1997, Globalisation, technology and environment, in OCDE (ed.), 1997, *Globalisation and environment. OECD Proceeding*, Paris, pp. 227-267.

- KELLER W., 2004, International Technology Diffusion, *Journal of Economic Literature*, Vol. XLII, pp.752-784.
- LACOUR P., 2008, *Complémentarité des spécialisations productives chinoises et japonaises : arguments théoriques et analyse empirique*, Mémoire de Master 2 Recherche Economie Politique Internationale, UFR ESE, Université Pierre Mendès France.
- LEMOINE F., 2000, *FDI and the opening up of China's economy*, Working Paper, CEPII, juin, N°00-11.
- LEMOINE F. et UNAL-KESENCI D., 2002, Chine : spécialisation internationale et rattrapage technologique, *Economie Internationale*, avril, N°92, pp.11-40.
- LOVELY M. et DEAN J.M., 2010, Trade Growth, Production Fragmentation and China's Environment, in Robert C. Feenstra et Shang-Jin Wei (eds.) *China's Growing Role in World Trade*, University of Chicago Press, pp.429-474.
- LOW P. et YEATS A., 1992, Do "dirty" industries migrate? in P. LOW (ed.) *International Trade and the Environment*, Washington D.C., World Bank discussion paper N°159, pp.89-104.
- MAKOWER J. et PERNICK R., 2001, *Clean techn: profits and potential*, CleanEdge the Clean market authority.
- MANAGI S., 2004, Trade Liberalization and the Environment: Carbon Dioxide for 1960-1999, *Economics Bulletin*, Vol.17, N°1, pp.1-6.
- MANI M. et WHEELER D., 1999, In search of Pollution Heavens? Dirty industry in the world economy, 1960-1995, in G. FREDRIKSSON (ed.), *Trade, Global Policy in the Environment*, Washington D.C., World Bank Discussion Paper, N°402, pp.115-128.
- METZ B. et alii., 2002, *Methodological and technological issues in technology transfer*, Intergovernmental Panel in Climate Change, Special Report of the IPCC Working Group III, Cambridge University Press.
- MIELNICK O. et GOLDEMBERG J., 2002, Foreign Direct Investment and Decoupling between Energy and Gross Domestic Product in Developing Countries, *Energy Policy*, Vol.30, pp.87-89.
- MONJON S. et HANOTEAU J., 2007 Développement, croissance et environnement, *Cahiers Français*, mars-avril, N°337, pp.34-40.
- NATIONS UNIES, 1992, *Convention Cadre des Nations-unies sur les Changements climatiques*, disponible sur http://unfccc.int/portal_francophone/essential_background/convention/text_of_the_convention/items/3306.php
- OCDE, 2007, *Examens environnementaux de l'OCDE – Chine*, Organisation de Coopération et de Développement Economique, Paris.
- OCDE, 2005, Achieving the successful transfer of environmentally sound technologies: trade related aspects, *OCDE Trade and Environment Working Paper*, N°2005-02, COM/ENV/TD(2004)/FINAL, Paris.
- OCDE, 2005b, *Environmental Goods: A comparison of the APEC and OECD Lists*, OECD Trade and Environment Working Paper, N°04, Paris.
- OCDE, 2001, *Biens et services environnementaux : Les avantages d'une libéralisation accrue du commerce mondial*, OCDE, Paris.
- PETERSON S., 2008, Greenhouse gas mitigation in developing countries through technology transfer ? : a survey of empirical evidence, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol.13, pp.283-305.
- RIEBER A. et TRAN T.A.D., 2008, Dumping environnemental et délocalisation des activités industrielles : le Sud face à la mondialisation, *Revue d'économie du développement*, Vol.2, N°22, pp.5-35.
- TAITHE A., 2007, L'eau, facteur d'instabilité en Chine- Perspectives pour 2015 et 2030, *Recherches & Documents*, Fondation pour la Recherche Stratégique.
- TEH R. et BORA B., 2004, Droits de douane et commerce des biens environnementaux, *Commerce et environnement : Atelier sur les biens environnementaux*, 11 octobre, Organisation Mondiale du Commerce.
- VAN BEERS C. et VAN DEN BERGH J., 1996, An overview of methodological approaches in the analysis of trade and environment, *Journal of World Trade*, Vol.30, N°1, pp.143-167.
- WORRELL E., VAN BERKEL R., ZHOU F., MANKE C., SCHAEFFER R. et WILLIAMS R.O., 2001, Technology transfer of energy efficient technologies in industry: a review of trends and policy issues, *Energy Policy*, N°29, pp.29-43.
- ZENG K. et EASTIN J., 2007, International Economic Integration and Environmental protection: The Case of China, *International Studies Quarterly*, N°51, pp.971-995.
- ZUGRAVU-SOILITA N., 2009, *Croissance, commerce, IDE et leur impact sur l'environnement: cas de l'Europe Centrale et Orientale et de la Communauté des Etats Indépendants*, Thèse de Doctorat de Sciences Economiques, Université de Paris 1 Panthéon - Sorbonne, 23 Novembre.