



HAL
open science

Quantifier le contenu environnemental des relations économiques entre la Chine et le Japon : Analyse de trois canaux de transfert de technologies vertes

Pauline Lacour

► **To cite this version:**

Pauline Lacour. Quantifier le contenu environnemental des relations économiques entre la Chine et le Japon : Analyse de trois canaux de transfert de technologies vertes. Economies et finances. Université de Grenoble, 2012. Français. NNT : 2012GRENE006 . tel-00825647

HAL Id: tel-00825647

<https://theses.hal.science/tel-00825647>

Submitted on 24 May 2013

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

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

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Sciences Economiques**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Pauline LACOUR

Thèse dirigée par Catherine FIGUIERE

Préparée au sein du **Centre de Recherche en Economie de Grenoble**
dans l'**École Doctorale Sciences économiques**

**QUANTIFIER LE CONTENU ENVIRONNEMENTAL
DES RELATIONS ECONOMIQUES ENTRE LA
CHINE ET LE JAPON.**

**Analyse de trois canaux de transfert de technologies
vertes**

Thèse soutenue publiquement le **23 novembre 2012**
devant le jury composé de :

M. Jacques JAUSSAUD (Rapporteur)

Professeur des Universités - Université de Pau et des Pays de l'Adour

Mme Blandine LAPERCHE (Rapporteur)

Maître de Conférences HDR - Université du Littoral Côte d'Opale

M. Patrick CRIQUI (Président)

Directeur de Recherche CNRS - Université Grenoble II

M. Jean-François HUCHET (Suffragant)

Professeur des Universités - Institut National des Langues et Civilisations
Orientales, Université Sorbonne Paris Cité

Mme Catherine FIGUIERE (Directrice de thèse)

Maître de Conférences HDR - Université Grenoble II



UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Sciences économiques**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Pauline LACOUR

Thèse dirigée par Catherine FIGUIERE

Préparée au sein du **Centre de Recherche en Economie de Grenoble**
dans l'**École Doctorale Sciences économiques**

QUANTIFIER LE CONTENU ENVIRONNEMENTAL DES RELATIONS ECONOMIQUES ENTRE LA CHINE ET LE JAPON.

**Analyse de trois canaux de transfert de technologies
vertes**

Thèse soutenue publiquement le **23 novembre 2012**
devant le jury composé de :

M. Jacques JAUSSAUD (Rapporteur)

Professeur des Universités - Université de Pau et des Pays de l'Adour

Mme Blandine LAPERCHE (Rapporteur)

Maître de Conférences HDR - Université du Littoral Côte d'Opale

M. Patrick CRIQUI

Directeur de Recherche CNRS - Université Grenoble II

M. Jean-François HUCHET

Professeur des Universités - Institut National des Langues et Civilisations
Orientales, Université Sorbonne Paris Cité

Mme Catherine FIGUIERE (Directrice de thèse)

Maître de Conférences HDR - Université Grenoble II



La Faculté d'Economie et l'Université Pierre Mendès France n'entendent donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans les thèses. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

REMERCIEMENTS

Derniers mots de la rédaction de la thèse, les remerciements sont sans aucun doute les pages les plus agréables de l'écriture du manuscrit : ils dessinent la fin d'un travail de doctorat de quatre années, mais surtout, impriment noir sur blanc mes plus sincères remerciements aux personnes sans lesquelles ce travail n'aurait pu aboutir.

J'exprime tout d'abord mes remerciements à Blandine Laperche et Jacques Jaussaud qui ont accepté d'être les rapporteurs de cette thèse, ainsi qu'aux membres du jury, Jean-François Huchet et Patrick Criqui, pour avoir accepté de lire et d'évaluer ce travail. J'adresse également de chaleureux remerciements à ma directrice de thèse, Madame Catherine Figuière, dont les compétences, les conseils et la disponibilité ont réellement permis à ce travail de prendre forme. Ses grandes qualités professionnelles et personnelles ont été plus qu'essentielles à l'aboutissement de ce travail.

Ces années de doctorat ont été l'occasion de nombreuses collaborations, et je remercie à ce titre les membres des deux laboratoires auxquels j'ai été affiliée, le laboratoire LEPII puis le Centre de Recherche en Economie de Grenoble. Je tiens à remercier particulièrement les organisateurs et membres du Séminaire Junior du LEPII puis du CREG, pour les échanges, les discussions et les présentations passionnantes qui y ont eu lieu. Je remercie également Catherine Ciesla qui a su dénicher les articles les plus introuvables, et dont le bureau était toujours grand ouvert. Bien qu'elle soit face à d'autres paysages que nos montagnes grenobloises aujourd'hui, je tiens également à remercier très chaleureusement Danielle Landais, dont les visites matinales remplies d'amitié ont ponctué ces quatre années de travail.

Chacun de ces trois chapitres ont présenté, au fur et à mesure de l'analyse, des difficultés qui me paraissaient insurmontables et que je n'aurais pu dominer sans une aide avisée. Je remercie à ce titre Mahfoud Boudis et Cyriac Guillaumin pour leur disponibilité et leurs compétences précieuses. J'adresse également mes remerciements aux membres du Centre de Ressources Informatiques de l'UPMF pour avoir passé tant d'heures à monter la base de données exploitée dans le second chapitre de la thèse.

La poursuite de ce doctorat m'a également permis, et ce sera sans aucun doute l'expérience la plus enrichissante de ces quatre années, d'être accueillie dans le Centre d'études japonaises de l'université Fudan à Shanghai. Je remercie à ce titre Monsieur Zhang pour son accueil au sein de ce centre de recherche ainsi que la Région Rhône-Alpes pour m'avoir permis de découvrir un pays qui me passionnait depuis de nombreuses années.

J'adresse également de chaleureux remerciements aux doctorants des Laboratoires CREG et EDDEN pour les discussions passionnantes qui ont ponctué ce travail, et Thomas et Pierrick tout spécialement pour les moments si agréables partagés autour d'un mauvais café. J'ai une pensée toute particulière pour mes deux camarades de chambre, Marie et Simon, avec qui j'ai passé de si bons moments pendant ces quatre années et à qui j'espère avoir communiqué ma passion pour la Chine.

Bien qu'éprouvante pour moi-même, la fin de cette thèse l'a également été pour mes plus fidèles « relecteurs ». Merci à ma Maman et à Christiane pour leurs vérifications orthographiques qui ont contribué à faire que ce manuscrit ne soit pas truffé de fautes et de non-sens. Un grand merci également à Laetitia pour m'avoir fait bénéficier de son expertise économique, de ses connaissances sur la zone asiatique et pour les moments si conviviaux passés autour de délicieux repas. Je tiens de plus à remercier très sincèrement des amis précieux, Amandine, Julie et Adrien, qui ont accepté de se torturer avec des vérifications bibliographiques et pour leur amitié depuis toutes ces années. J'ai une pensée remplie d'affection pour ma famille, pour mon papa, ma maman ainsi que ma sœur, pour leur soutien et leur amour avant, pendant, et après cette thèse.

Je pense également à mes amies de toujours, Myriam et Amélie, pour avoir pris le temps d'écouter si longuement mes états d'âme d'apprentie chercheuse, et dont les conseils avisés donnés pendant d'interminables apéros m'ont encouragée à continuer. En dernier de cette liste de remerciements mais en premier dans mon cœur, je remercie Jérémy pour sa gentillesse, son amour et surtout pour sa présence pendant les moments les plus difficiles. C'est grâce à toi si ce travail en est là aujourd'hui et j'espère que nos escapades en terres orientales ne seront qu'un début.

致 J., 我的挚爱

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES	09
INTRODUCTION GENERALE	13
CHAPITRE 1. LES FLUX COMMERCIAUX VECTEURS DE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES DU JAPON VERS LA CHINE	35
Section 1. Echanges commerciaux et diffusion technologique	38
1.1 Commerce international et diffusion technologique : les principaux canaux de transfert	38
1.2 Importance du commerce intra-branche et des échanges de biens intermédiaires, d'équipements et de haute technologie comme indicateurs de la diffusion technologique	50
Section 2. Echanges de biens et services environnementaux et diffusion technologique	65
2.1. Biens et services environnementaux : définitions, différenciations et libéralisation	65
2.2. Echanges de biens environnementaux et acquisition chinoise de technologies environnementales	80
Section 3. Flux commerciaux et qualité de l'environnement : analyse empirique	103
3.1. Quantifier la relation entre les échanges internationaux et la qualité de l'environnement	103
3.2. Commerce international chinois et intensités énergétique et carbonique du PIB	111
Conclusion du Chapitre 1	127
CHAPITRE 2. TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES : ANALYSE EMPIRIQUE DES DEPOTS DE BREVETS JAPONAIS EN CHINE	129
Section 1. Le contexte chinois : condition nécessaire à la diffusion technologique internationale	132
1.1. Des capacités d'absorption domestiques nécessaires à une diffusion technologique en Chine	132
1.2. Orientation des investissements directs entrants et diffusion technologique en Chine	160
Section 2. Transferts de technologies environnementales du Japon vers la Chine : deux analyses empiriques des dépôts de brevets	177
2.1. Relations brevets environnementaux et diffusion technologique : les apports de la littérature	178
2.2. Analyse empirique de la diffusion technologique depuis le Japon vers la Chine mesurée par les dépôts de brevets environnementaux	194
Conclusion du Chapitre 2	212

CHAPITRE 3. MECANISMES POUR UN DEVELOPPEMENT PROPRE ET TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES : LES PARTENARIATS SINO-JAPONAIS	215
Section 1. Protocole de Kyoto et intégration des pays en développement dans le régime climatique : la mise en œuvre du Mécanisme pour un Développement Propre en Chine	218
1.1. Différenciation dans la lutte contre les changements climatiques et équité dans le partage de la charge environnementale : les enjeux du Mécanisme pour un Développement Propre	218
1.2. La Chine et les Mécanismes pour un Développement Propre : effet d'aubaine ou orientation stratégique ?	231
Section 2. Mécanismes pour un Développement Propre et transferts de technologies : l'importance des partenariats sino-japonais	243
2.1. Transferts de technologies et Mécanismes pour un Développement Propre	243
2.2. Transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine dans le cadre de projets Mécanismes pour un Développement Propre : des flux substantiels	257
Conclusion du Chapitre 3	278
CONCLUSION GENERALE	279
TABLE DES ANNEXES	287
BIBLIOGRAPHIE	323
TABLE DES ILLUSTRATIONS	347
TABLE DES MATIERES	353

LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

AC	Avantage Comparatif
ADF	<i>Augmented Dickey-Fuller</i>
AIE	Agence Internationale de l'Energie
ALENA	Accord de Libre-Echange Nord Américain
AME	Accords Multilatéraux sur l'Environnement
AND / DNA	Autorité Nationale Désignée / <i>Designated National Authority</i>
APD / ODA	Aide Publique au Développement / <i>Official Development Assistance</i>
APE / EAP	Approche par les Projets Environnementaux / <i>Environmental Project Approach</i>
APEC	<i>Asian Pacific Economic Cooperation</i>
ADPIC / TRIPS	Accords des Droits de Propriété Intellectuelle qui touchent au Commerce / <i>Trade Related aspects of Intellectual Property rights</i>
AGCS / GATS	Accord Général sur le Commerce des Services / <i>General Agreement on Trade in Services</i>
ASEAN / ANASE	<i>Association of Southeast Asian Nations</i> / Association des Nations d'Asie du Sud-Est
BIT	Bureau International du Travail
BRIC	Brésil, Russie, Inde, Chine
BSE	Biens et services environnementaux
CAE	Conseil d'Analyse Economique
CCGT	<i>Combined Cycle Gas Turbine</i>
CCNUCC / UNFCCC	Convention Cadre des Nations-unies sur les Changements Climatiques / <i>United Nations Convention on Climate Change</i>
CCS	<i>Carbon Capture and Storage</i>
CEK	Courbe Environnementale de Kuznets
CEPII	Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales
CER	<i>Certified Emission Reduction</i>
CH ₄	Méthane
CHELEM	Comptes Harmonisés sur les Echanges et L'Economie Mondiale
CNUCED	Conférence des Nations-unies sur le Commerce et le Développement
CO ₂	Dioxyde de carbone

COP	Conférence des Parties
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
DIPP	Division Internationale des Processus Productifs
DPI	Droits de Propriété Intellectuelle
<i>EPA</i>	<i>Economic Partnership Agreements</i>
<i>EPI</i>	<i>Environmental Performance Index</i>
<i>EPIA</i>	<i>European Photovoltaic Industry Association</i>
<i>EPO</i>	<i>European Patent Office</i>
<i>EPF</i>	<i>Environmentally Preferable Product</i>
<i>EST</i>	<i>Environmentally Sound Technologies</i>
<i>EVSL</i>	<i>Early Voluntary Sectoral Liberalization</i>
FBCF	Formation Brute de Capital Fixe
FEM / <i>GEF</i>	Fonds pour l'Environnement Mondial / <i>Global Environmental Facility</i>
FMI	Fonds Monétaire International
FTN	Firme transnationale
G77	Groupe des 77
<i>GATT</i>	<i>General Agreement on Tariffs and Trade</i>
<i>GCI</i>	<i>Global Competitiveness Index</i>
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC / <i>IPCC</i>	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat / <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
HFC	Hydrofluorocarbures
HO	Heckscher Ohlin (théorie de)
<i>ICTSD</i>	<i>International Center For Trade and Sustainable Development</i>
IDE	Investissement Direct Etranger
IDH	Indicateur de Développement Humain
<i>IPC</i>	<i>International Patent Classification</i>
<i>ITC</i>	<i>Indigenous Technological Capabilities</i>
<i>JETRO</i>	<i>Japanese External Trade Organization</i>
MCO	Moindres Carrés Ordinaires
MDP / <i>CDM</i>	Mécanisme pour un Développement Propre / <i>Clean Development Mechanism</i>
MOC	Mise en Œuvre Conjointe
<i>MOST</i>	<i>Ministry of Science and Technology</i>
N ₂ O	Oxyde nitreux

<i>NAMAs</i>	<i>Nationally Appropriate Mitigation Actions</i>
<i>NCCCC</i>	<i>National Coordination Committee on Climate Change</i>
<i>NDRC</i>	<i>National Development and Reform Commission</i>
<i>NO_x</i>	Oxyde d'azote
<i>NPF</i>	Nation la Plus Favorisée (clause de)
<i>NPI</i>	Nouveaux Pays Industrialisés
<i>OCDE</i>	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
<i>OMC / WTO</i>	Organisation Mondiale du Commerce / <i>World Trade Organization</i>
<i>PDD</i>	<i>Project Design Document</i>
<i>PED</i>	Pays En Développement
<i>PIB</i>	Produit Intérieur Brut
<i>PID</i>	Pays Industrialisé Développé
<i>PFC</i>	Hydrocarbures perfluorés
<i>PMA</i>	Pays les Moins Avancés
<i>PNB</i>	Produit National Brut
<i>PNUD</i>	Programme des Nations-unies pour le Développement
<i>PNUE</i>	Programme des Nations-unies pour l'Environnement
<i>PPA / PPP</i>	Parité de Pouvoir d'Achat / <i>Purchasing Power Parity</i>
<i>R&D</i>	Recherche et Développement
<i>RPC / PRC</i>	République Populaire de Chine / <i>People's Republic of China</i>
<i>SF₆</i>	Hexafluorure de soufre
<i>SH</i>	Système Harmonisé (de désignation et de codification des marchandises)
<i>SIPO</i>	<i>State Intellectual Property Office of the People's Republic of China</i>
<i>SO₂</i>	Dioxyde de Soufre
<i>TCAM</i>	Taux de Croissance Annuel Moyen
<i>URE</i>	Unité de réduction des émissions
<i>WEC</i>	<i>World Energy Council</i>
<i>ZES</i>	Zones Economiques Spéciales

INTRODUCTION GENERALE

“Developed countries should take up their responsibility and provide new, additional, adequate and predictable financial support to developing countries. This, in effect, represents a joint investment in the future of mankind. Environment-friendly technologies should better serve the common interests of humanity. In order to enable the developing countries to have access to climate-friendly technologies, it is necessary to set up a sound interactive mechanism with governments playing the leading role, businesses taking part and market principles at play”.

Extrait du discours de HU Jintao, Président de la République Populaire de Chine, à la Session plénière du Sommet des Nations-unies sur le changement climatique, New-York, le 22 septembre 2009.

« Depuis 2006, les émissions chinoises de CO₂ issues de l'utilisation de combustibles fossiles et des procédés industriels ont été plus importantes que les émissions des Etats-Unis »¹. L'industrialisation, le développement économique et l'urbanisation rapide en Chine depuis les années 1980 engendrent de fortes pressions environnementales : consommation d'énergies fossiles, émissions de gaz à effet de serre (GES), pollutions atmosphériques, terrestres et marines viennent ternir son modèle de croissance et de développement économique. L'économie chinoise est désormais la première émettrice de GES, étant à l'origine de 24% des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO₂) en 2009 [Agence Internationale de l'Energie (AIE), 2011a] et ce pays est le premier producteur et consommateur de substances appauvrissant la couche d'ozone [Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), 2007].

¹ Netherland Environmental Assessment Agency, consulté le 20/04/2012 disponible à l'adresse <<http://www.pbl.nl/en/dossiers/Climatechange/moreinfo/Chinanowno1inCO2emissionsUSAinsecondposition>>. Cette citation est traduite par l'auteure à l'instar de toutes les citations en anglais présentées dans la thèse. Ces traductions sont toutes de la responsabilité de l'auteure.

Ces pollutions atmosphériques sont expliquées par la dépendance énergétique de l'économie chinoise à la combustion de charbon, à l'origine de pluies acides (émissions de dioxyde de soufre (SO₂)) et de pollutions transfrontalières. Même si la consommation de charbon a ralenti à la fin des années 1990 au profit de la biomasse et du pétrole, la part de cette énergie fossile dans le mix énergétique augmente à nouveau depuis le début des années 2000, représentant 66.7% de la consommation totale d'énergie en 2009 [données Enerdata²]. Cette consommation énergétique a été accrue par l'industrialisation et le développement économique de la Chine, mais aussi par les échecs des politiques gouvernementales à contrôler les petites mines de charbon productrices d'un combustible de mauvaise qualité et fortement polluant³ (particulièrement dans la région Sud-Ouest du pays et dans le Sichuan⁴) [Meunié, 2005 ; Huchet *et al.*, 2008a]. Ainsi, les fortes dotations charbonnières de son territoire lui permettent de disposer d'une relative sécurité énergétique, mais engendrent d'importantes externalités environnementales négatives ; la Chine détient les troisièmes réserves mondiales de charbon, derrière les Etats-Unis et la Russie, et est le premier producteur et consommateur au monde [World Energy Council (WEC), 2010] (pour une description de l'état de l'environnement en Chine Cf. Encadré 0.1).

Les externalités environnementales de la croissance économique chinoise expliquent alors les exigences de la communauté internationale dans le cadre des négociations climatiques, en particulier leurs revendications pour des engagements contraignants de réduction des émissions de la part de la Chine. En effet, les pressions environnementales devraient s'intensifier dans les prochaines années et les pouvoirs publics chinois sont conscients de la nécessité d'un changement technologique dans la génération d'énergie, visant à intégrer davantage l'utilisation de sources d'énergie renouvelables et de technologies de dépollution et de réduction des émissions. Avec un taux de croissance du PIB de 10.4% en 2010, la Chine est désormais la deuxième puissance économique mondiale lorsque l'on considère son produit intérieur brut (PIB) en valeur absolue, atteignant 5 926 milliards de dollars américains, derrière les Etats-Unis (14 586 milliards de dollars) mais devant le Japon

² Base de données Enerdata, disponible à l'adresse <<http://www.enerdata.net/>>

³ Comme le souligne J.F. Huchet et J.P. Maréchal, le tissu industriel chinois est particulièrement fragmenté et « *cette fragmentation a aussi touché le secteur de la production d'électricité. La multiplication de centrales thermiques conventionnelles au charbon a freiné la concentration de la production, phénomène qui permet à la fois de réaliser des gains dans la consommation d'énergie et, surtout, l'introduction de nouvelles technologies moins émettrices de GES. (...) Un grand nombre d'usines opérant dans les secteurs du textile, du papier ou de l'agroalimentaire ont fait le choix de produire elles-mêmes de l'électricité en construisant, sur leur site, des petites centrales au charbon* » [Huchet *et al.*, 2008a, p.42].

⁴ Pour une représentation cartographique des provinces chinoises, Cf. Annexe 14 page 321.

depuis 2009 (5 458 milliards de dollars). Toutefois, sa position dans l'économie mondiale est relativisée lorsque cet agrégat est rapporté à la population et exprimé en parité de pouvoir d'achat (PPA). Ainsi, le PIB *per capita* chinois s'élève à 7 599 dollars PPA en 2010, contre 47 199 aux Etats-Unis, ou encore 33 753 dollars PPA par habitant au Japon [données de la Banque Mondiale⁵]

Encadré 0.1 Environnement et consommation d'énergie en Chine

Pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique en Chine provient essentiellement de l'industrie charbonnière. La Chine est ainsi le premier émetteur mondial de dioxyde de soufre en 2011. Les émissions d'oxydes de soufre et d'azote sont à l'origine de pluies acides tombant, d'après l'OCDE (2007), sur environ 30% du territoire chinois, essentiellement au sud du Changjiang dans la province du Jiangxi, dans la partie ouest du territoire (le plateau du Qinghai –Tibet) ainsi que dans le bassin du Sichuan. Ces pluies acides endommagent fortement les forêts, les espèces animales, les eaux de surfaces et ont aussi des répercussions sur la santé humaine.

De plus, les niveaux de pollution varient considérablement entre les zones urbaines et rurales et la multiplication des véhicules dans les zones urbaines fait présager une croissance forte des émissions de carbone dans les grandes villes comme Pékin, Shanghai ou encore Nanjing. La Chine est depuis 2006 le premier émetteur mondial de GES, ses émissions atteignant en 2009 le niveau de 6 877 Mt de CO₂, soit 23.7% des émissions mondiales à cette date (à titre de comparaison, le Japon et les Etats-Unis sont respectivement à l'origine de 3.8% et 17.9% des émissions mondiales de carbone) [AIE, 2011a].

Pollution des eaux

La qualité de l'eau reste problématique en Chine, sachant que la mauvaise qualité de cette ressource dans la moitié des grandes villes ne permet pas sa consommation courante. Les eaux urbaines sont majoritairement polluées du fait de contaminations fécales mais aussi de la présence de polluants industriels et agrochimiques. D'après l'OCDE (2007), environ un tiers des cours d'eau de la Chine est fortement pollué (60% du Haihe (un des réseaux fluviaux les plus importants de la plaine de la Chine du nord) est fortement pollué) et environ trois quarts des principaux lacs chinois sont fortement pollués. De plus, environ un quart des eaux côtières de la Chine est fortement pollué (particulièrement la mer de Bohai et la mer de Chine orientale).

D'après les données de la Banque Mondiale, en 2007, 20.6% des émissions de polluants organiques dans l'eau avaient pour origine les industries textiles, 13% les industries chimiques, et 7.2% les industries métallurgiques. Ces pollutions marines s'expliquent également par les rejets d'eaux usées urbaines non traitées et par un excédent d'éléments nutritifs dans les eaux (azote et phosphore) provenant des activités agricoles et de la pollution automobile.

Production de déchets

Bien qu'étant largement inférieur aux niveaux des pays de l'OCDE, le volume de déchets en Chine a progressé de 80% entre 1995 et 2004, s'établissant à 3 703 milliers de tonnes par jour, soit 120 kg de déchets par habitant au milieu des années 2000 (contre 740 kg par habitant aux Etats-Unis, 410 kg par habitant au Japon, ou encore 550 kg par habitant en moyenne dans les pays de l'OCDE). Le secteur industriel est à l'origine de 88% de cette production de déchets, les déchets industriels non dangereux ayant progressé de 86% entre 1995 et 2004 [OCDE, 2007].

Production et consommation d'énergie

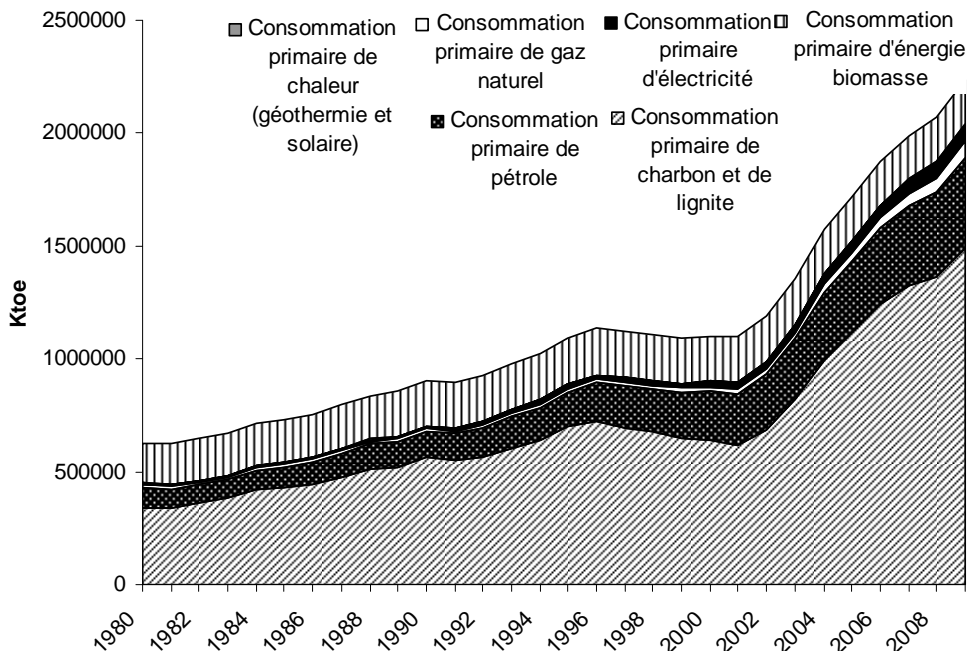
Le charbon est prépondérant dans le mix énergétique chinois, ce combustible étant à l'origine de 66.7% de la consommation d'énergie sur le territoire en 2009 (Cf. Graphique 0.1). La Chine est le premier producteur mondial avec 3162 Mt de charbon et lignite en 2010, devant les Etats-Unis (932 Mt) et l'Inde (538 Mt). Le pays dispose toutefois d'installations énergétiques qui émettent moins de GES : la Chine est le premier producteur mondial d'énergie hydraulique avec 168 GW de capacités installées en 2008 (représentant 18.5% de la production mondiale d'hydroélectricité) [AIE, 2011a]. L'énergie éolienne est la source d'énergie renouvelable qui connaît la plus forte croissance en Chine, les capacités installées ayant été multipliées par 120 entre 2000 et

⁵ Base de données de la Banque Mondiale, disponible à l'adresse <<http://donnees.banquemondiale.org/>>

Suite Encadré 0.1 Environnement et consommation d'énergie en Chine

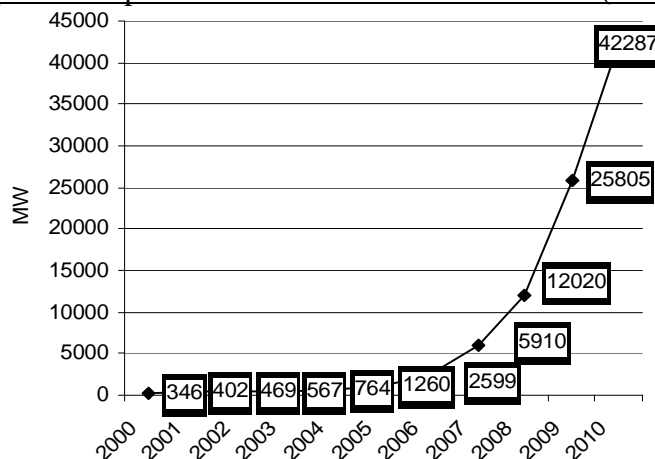
2010 (Cf. Graphique 0.2). Ce pays est désormais le quatrième au monde en termes de puissance éolienne installée, derrière les Etats-Unis, l'Allemagne et l'Espagne [Zhou, 2009]. L'énergie solaire constitue néanmoins la source renouvelable qui présente le plus grand potentiel : les installations photovoltaïques supplémentaires en 2010 ont permis de générer 500 MW, sachant que les capacités totales installées en Chine ont atteint le niveau de 3.1 GW (contre 5 GW pour le Japon ou encore 4.4 GW pour les Etats-Unis). Les pouvoirs publics prévoient d'atteindre les niveaux de 5GW à 10GW en 2015, et de 20 GW à 50 GW d'ici 2020 [AIE, 2011b ; European Photovoltaic Industry Association (EPIA), 2012].

Graphique 0.1 Composition de la consommation d'énergie primaire en Chine (1980-2008)



Source : Construction de l'auteure d'après les données de la base Enerdata, disponible à l'adresse <<http://www.enerdata.net/>>

Graphique 0.2 Capacités éoliennes installées en Chine (2000-2010)



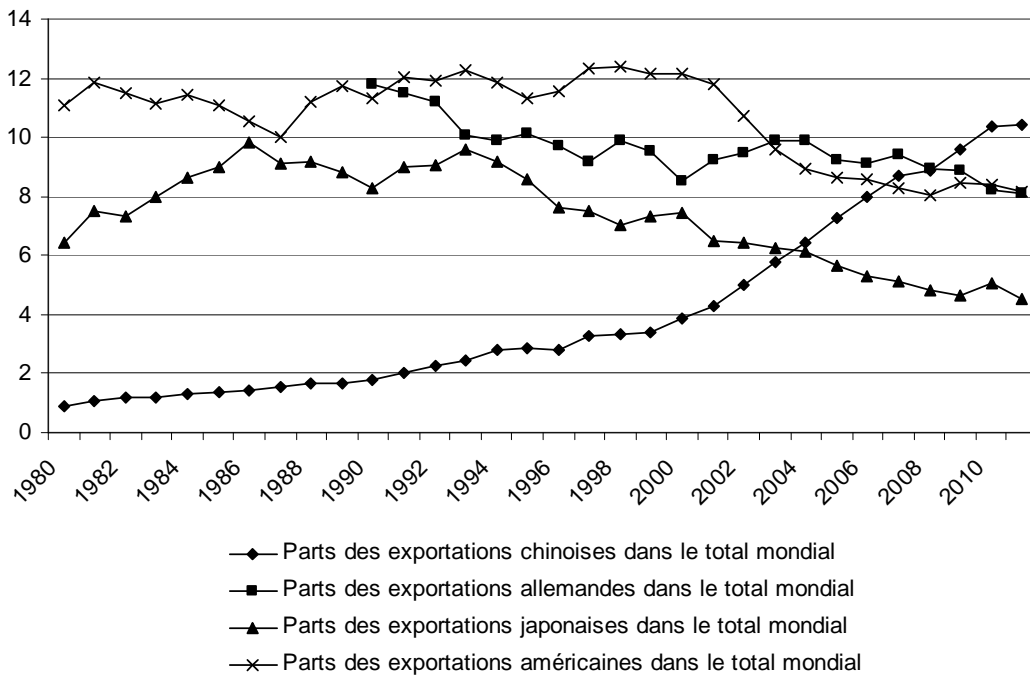
Source : Construction de l'auteure d'après les données du Global Wind Energy Council, disponible à l'adresse <<http://www.gwec.net/index.php?id=125>>

Sources : AIE, 2011a, *Key World Energy Statistics*, Agence Internationale de l'Énergie, Paris
 AIE, 2011b, *Trends in Photovoltaic Applications – Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2010*, Agence Internationale de l'Énergie, Août, Paris
 OCDE, 2007, *Examens environnementaux de l'OCDE – Chine*, Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Paris
 ZHOU Y., 2009, Dossier Energie Chine, *Cahier d'AGIR*, N°1, Octobre, pp.67-100.

Le développement industriel chinois, encadré par une forte présence étatique, s'est appuyé sur ses avantages comparatifs (AC) dans les industries de main-d'œuvre et une insertion maîtrisée dans les échanges internationaux [Lemoine *et al.*, 2002a]. La Chine est depuis 2009 le premier exportateur mondial, représentant 10.4% des exportations mondiales de marchandises en 2011, devant les Etats-Unis (8.14%), l'Allemagne (8.08%) et le Japon (4.52%) (Cf. Graphique 0.3). Les exportations chinoises ont progressé avec un taux de croissance annuel de 17.78% entre 1980 et 2011, les entreprises domestiques se positionnant sur des créneaux de production à plus forte intensité capitalistique depuis les années 2000 [Schott, 2008]. Cette sophistication des exportations chinoises peut s'expliquer en partie par la participation de la Chine à la division internationale des processus productifs (DIPP) et par la localisation d'entreprises étrangères sur son territoire [Gaulier *et al.*, 2006]. Ainsi, la spécialisation de la Chine dans les activités d'assemblage a favorisé l'émergence d'industries très compétitives au niveau international, l'implantation d'entreprises étrangères en Chine constituant le principal canal de transfert de technologies vers ce pays.

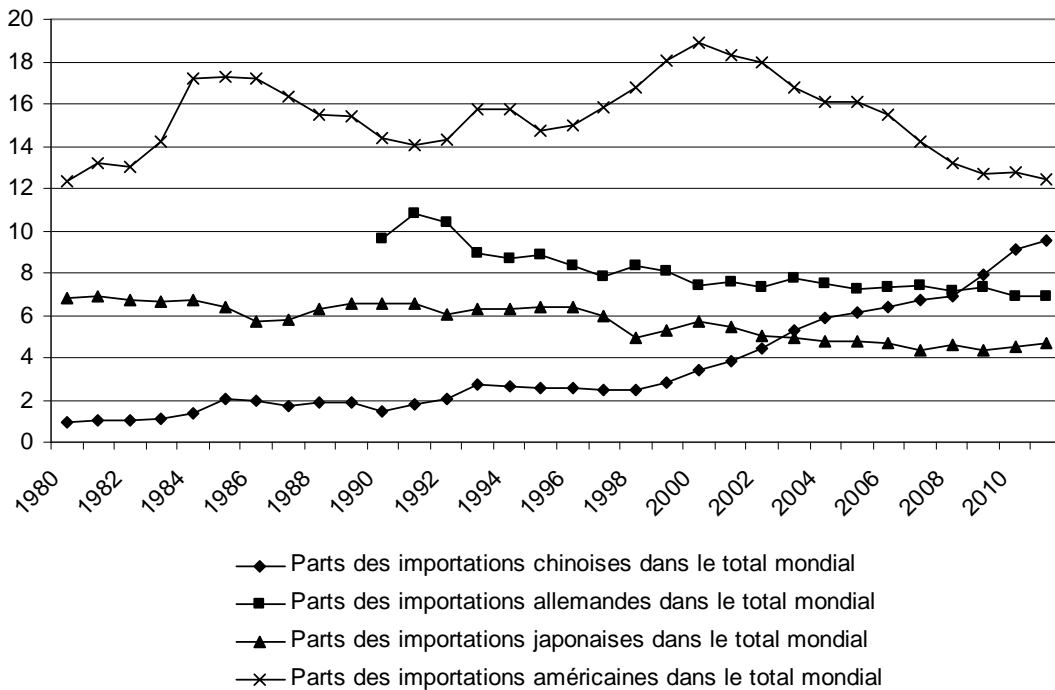
Les usines extraverties constituent alors une composante essentielle de la croissance économique chinoise : industries tournées vers l'exportation qui font de la Chine une plateforme mondiale de production [Lemoine *et al.*, 2002b]. L'économie chinoise est depuis 2009 le deuxième importateur mondial derrière les Etats-Unis et devant l'Allemagne et le Japon. Elle représente 9.53% des importations globales de marchandises en 2011 (respectivement 12.39%, 6.85% et 4.67% pour les Etats-Unis, l'Allemagne et le Japon) (Cf. Graphique 0.4).

Graphique 0.3. Parts des exportations chinoises, allemandes, japonaises et américaines dans les exportations mondiales (1980-2011)



Source : A partir des données fournies par la Conférence des Nations-unies sur le Commerce Et le Développement (CNUCED), disponibles à l'adresse <<http://unctadstat.unctad.org>>

Graphique 0.4. Parts des importations chinoises, japonaises et américaines dans les importations mondiales (1980-2011)



Source : A partir des données fournies par la CNUCED, disponibles à l'adresse <<http://unctadstat.unctad.org>>

Les problématiques liées à l'insertion chinoise dans les échanges internationaux et à sa participation à la division internationale des processus productifs peuvent alors être mises en parallèle avec des questionnements environnementaux, et plus précisément, avec une problématique globale de financement des stratégies de développement durable dans les pays en développement (PED). Les technologies qui contribuent à la protection de l'environnement, et leur diffusion vers les pays émergents, sont considérées comme l'une des réponses premières aux défis posés par les changements climatiques lors des sommets internationaux (Organisation Mondiale du Commerce (OMC), OCDE, Convention Cadre des Nations-unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)) (pour une définition des technologies environnementales, Cf. Encadré 0.2). Le groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dans son rapport de 2000, souligne l'importance des transferts de technologies environnementales pour combattre les changements climatiques : *« la réalisation de l'objectif ultime de la CCNUCC, tel que formulé dans l'article 2⁶, nécessite l'innovation technologique, le transfert rapide et étendu, et la mise en œuvre de technologies, y compris de savoir-faire, pour l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre. Le transfert de technologies d'adaptation au changement climatique est également un élément important afin de réduire la vulnérabilité au changement climatique »* [GIEC, 2000, p.3]. Dans ce sens, les flux économiques entrant sur le territoire chinois (importations de biens mais aussi flux d'investissements directs étrangers (IDE)) peuvent être analysés comme des vecteurs de technologies, et dans le cas où ces dernières auraient une vocation environnementale, ces transferts pourraient réduire les dommages environnementaux de sa croissance économique.

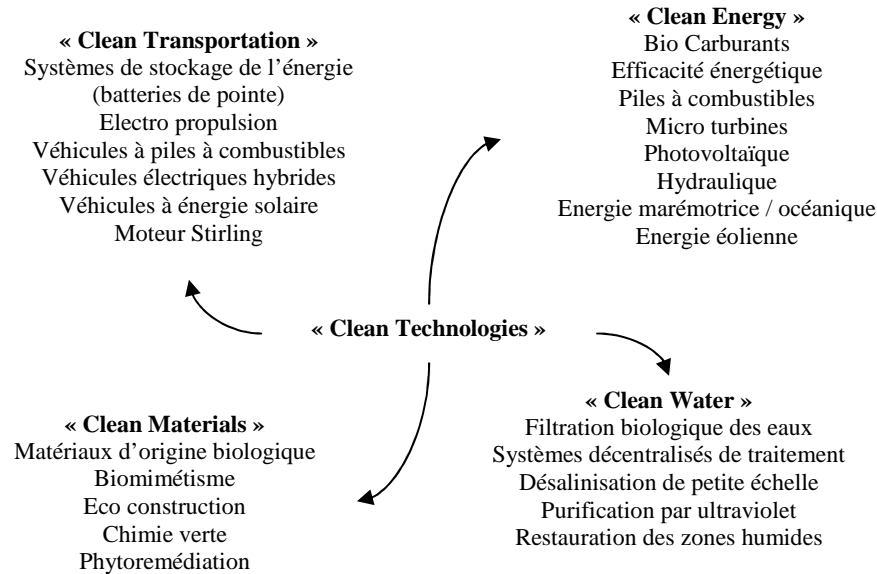
6 *« L'objectif ultime de la présente Convention et de tous instruments juridiques connexes que la Conférence des Parties pourrait adopter est de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable »* [Nations-unies, 1992, Article 2].

Encadré 0.2. Définition des technologies environnementales

Technologies environnementales

De multiples terminologies sont employées dans la littérature anglo-saxonne pour désigner les technologies protectrices de l'environnement, ou technologies vertes. Ainsi, les termes de *clean techs*, *environmentally friendly technologies*, ou encore *sustainable technologies* sont employés pour qualifier l'ensemble des technologies qui optimisent l'utilisation des ressources naturelles et réduisent les émissions de matières polluantes (GES, matières appauvrissant la couche d'ozone, pollutions terrestres et marines...) (Cf. Schéma .0.1).

Schéma 0.1. Technologies propres



Source : D'après MAKOWER J. *et al.*, 2001, p.2.

Selon la définition de l'Agence Internationale de l'Energie, une énergie renouvelable est une « *énergie qui est dérivée des processus naturels qui sont constamment renouvelés. Dans ses diverses formes, elle provient directement ou indirectement du soleil, ou de la chaleur générée par les profondeurs de la terre. Sont inclus dans la définition l'énergie générée depuis les ressources solaire, éolienne, biomasse, géothermique, hydraulique et océanique, ainsi que les biocombustibles et l'hydrogène issus de ressources renouvelables* » [AIE, 2004, p.v].

La définition retenue dans la thèse est celle du GIEC et est une définition étendue des technologies environnementales. Ces dernières sont qualifiées dans le rapport du GIEC de 2000 *d'Environmentally Sound Technologies (EST)* : ce sont des « *technologies qui protègent l'environnement, sont moins polluantes, utilisent toutes les ressources d'une manière soutenable, recyclent davantage leurs déchets et produits, traitent les déchets résiduels d'une manière plus acceptable que les technologies pour lesquelles elles sont des substituts, et sont compatibles avec les priorités socioéconomiques, culturelles et environnementales domestiques* » [GIEC, 2000, p.52]. Dès lors, les technologies vertes prises en compte dans la thèse regroupent les technologies qui permettent l'utilisation de sources d'énergie renouvelables, réduisent les émissions de GES, contribuent à améliorer l'efficacité énergétique des processus productifs et dépolluent les sols, les eaux ou l'atmosphère.

Transfert de technologies

Le rapport du GIEC (2000) sur les transferts de technologies protectrices de l'environnement définit les processus de diffusion comme des flux de savoir-faire, d'expérience et d'équipements pour réduire les émissions et adapter au changement climatique les actions des différents acteurs (pouvoirs publics, entités du secteur privé, institutions financières, organisations non gouvernementales, institutions de recherche et d'éducation). Le terme de « transfert » recouvre ainsi un processus de diffusion des technologies définies comme un ensemble d'équipements et de connaissances, accompagné d'une dynamique d'apprentissage afin d'utiliser, de répliquer et d'adapter les technologies acquises [GIEC, 2000]. Le terme de technologie comprend alors deux types d'éléments : d'une part des composants *hardware* qui représentent la partie tangible de la technologie (tels que les biens d'équipements), et d'autre part, des éléments *software* qui représentent la partie intangible de la technologie (compétences, connaissances, et savoir-faire visant à utiliser les technologies) [OCDE, 2005a].

Sources : AIE, 2004, *Renewable Information*, Agence Internationale de l'Energie, Publications OCDE, Paris
 GIEC, 2000, *Methodological and technological issues in technology transfer*, Special Report of IPCC Working Group III, Cambridge University Press
 MAKOWER J. *et al.*, 2001, *Clean techn : profits and potential*, Cleanedge the Clean market authority, disponible à l'adresse <<http://www.cleantech.com/reports/clean-tech-profits-and-potential>>
 OCDE, 2005a, *Achieving the successful transfer of environmentally sound technologies: trade related aspects*, OCDE Trade and Environment Working Paper, N°02, OCDE, Paris.

Dès lors, la question du contenu environnemental des flux économiques internationaux mérite d'être posée. C'est par le biais de l'importation de biens d'équipement dotés d'un contenu environnemental supérieur à leurs substituts locaux que l'économie chinoise pourrait améliorer l'efficacité énergétique de ses processus productifs et en diminuer les nuisances environnementales [Grossman *et al.*, 1993 ; Copeland *et al.*, 1994]. De plus, les flux d'IDE entrant sur son territoire pourraient favoriser le transfert de technologies et de savoir-faire qui permettrait aux firmes domestiques d'accroître leur efficacité productive et énergétique [Guoming *et al.*, 1999 ; Sun *et al.*, 1999 ; Christmann *et al.*, 2001]. Toutefois, bien que particulièrement novatrice car au croisement de l'économie internationale et de l'économie de l'environnement, la problématique du contenu environnemental des flux économiques entrant en Chine est difficile à appréhender dans une optique quantitative globale. La multiplicité des canaux de transfert de technologies et la diversité des flux de biens et de capitaux entrants sur le territoire handicapent fortement l'analyse empirique : tous les biens d'équipement entrant ne sont pas dotés d'une efficacité environnementale supérieure, et les technologies transférées peuvent être obsolètes (pour une première approche des différents canaux de transfert de technologies, Cf. Encadré 0.3)

Etant données la complexité de cet objet d'étude et la diversité des relations entre les flux commerciaux et la qualité de l'environnement [OMC et Programme des Nations-unies pour l'Environnement (PNUE), 2009], il apparaît alors nécessaire de limiter le champ d'analyse, d'une part, à des relations économiques bilatérales, et d'autre part, à des canaux de transfert précis.

Encadré 0.3. Canaux de transfert de technologies environnementales

Il existe de nombreux canaux de transfert de technologies environnementales, la diffusion technologique pouvant être initiée et supportée par le secteur privé, les institutions internationales, les organisations non gouvernementales ou encore les Etats eux-mêmes.

D'après le GIEC (2000), les canaux de transfert **supportés par le secteur privé** incluent :

- Les ventes directes
- Les licences
- Les franchises
- Les investissements directs à l'étranger
- Les vente d'usines « clés en main »
- Les joint-ventures
- Les contrats de sous-traitance
- Les accords de recherche coopérative et les accords de coproduction
- Les exportations de produits et de biens d'équipements
- Les échanges de personnels techniques et scientifiques
- Les conférences en sciences et technologies, les foires commerciales et les expositions
- L'éducation et la formation (des personnels nationaux et étrangers)
- Les visites commerciales
- La littérature (journaux, magazines, livres et articles)

De cette liste, trois grandes catégories de canaux de transfert apparaissent : d'abord les flux commerciaux internationaux, ensuite les flux d'investissement, et enfin, les accords contractuels entre les firmes [Maskus, 2004].

Les transferts de technologies **supportés par les Etats** prennent majoritairement la forme d'Aide Publique au Développement (APD) – *Official Development Assistance* (ODA). Ces flux relèvent d'une coopération interétatique et incluent les subventions, les intérêts gratuits et les prêts subventionnés en direction des PED et des pays en transition. Ces flux incluent également une aide bilatérale directement fournie aux gouvernements des pays concernés au travers des organisations internationales [Peterson, 2008]. Ces flux peuvent être également destinés au financement **d'organisations non gouvernementales** dont les activités viseraient à faciliter l'acquisition de technologies propres par les pays en développement.

Des commissions et organisations spécialisées ont été créées par les organisations internationales, particulièrement les Nations-unies, mais aussi par les Etats eux-mêmes dans le but de faciliter la dynamique d'acquisition de technologies. Par exemple :

- *UNFCCC Technology Executive Committee* (créé lors de la Conférence de Cancun (2010) avec pour objectif de faciliter et promouvoir le transfert de technologies environnementales en adéquation avec les besoins des PED)
- *IEA Technology Agreements* (accord de l'AIE favorisant la diffusion et les échanges d'informations sur les technologies environnementales entre les pays membres, non membres, les industries, les organisations internationales et les organisations non gouvernementales).
- *International Center for Environmental Technology Transfer* (organisation japonaise établie en 1990 dont le but est de contribuer à la protection de l'environnement en favorisant le transfert de technologies et de savoir-faire japonais vers les PED)
- *Center for Environmentally Sound Technology Transfer* (organisation chinoise établie en 1997 avec pour objectif de promouvoir le transfert et l'adoption de technologies vertes en favorisant les interactions entre les décideurs politiques, les développeurs et fournisseurs des technologies, les institutions financières et les industries chinoises).

Sources:

GIEC, 2000, *Methodological and technological issues in technology transfer*, Special Report of IPCC Working Group III, Cambridge University Press

MASKUS K. E., 2004, *UNCTAD/ICTSD Project on Intellectual Property Rights and Sustainable Development*, Issue Paper No. 7, UNCTAD, ICTSD.

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, N°3, pp.283-305.

Site internet du *Center for Environmentally Sound Technology Transfer* <<http://www.cestt.org.cn/>>

Site internet de l'*IEA Technology Agreements* < <http://www.iea.org/techno/index.asp>>

Site internet de l'*International Center for Environmental Technology Transfer* <<http://www.icett.or.jp/english/index.html>>

Site internet de l' *UNFCCC Technology Executive Committee* <<http://unfccc.int/ttclear/jsp/TEC.jsp>>

Le périmètre géographique d'analyse doit également être limité. Il est restreint aux relations économiques entre la Chine et l'un de ses principaux partenaires commerciaux, le Japon. Ce choix se justifie par la densité des relations économiques entre le Japon et la Chine, le processus d'intégration régionale à l'œuvre en Asie, la complémentarité de leur spécialisation productive due à leur différentiel de développement ainsi que par leur proximité géographique et culturelle. Plusieurs économistes spécialistes de l'Asie ont déjà mis l'accent sur la rivalité entre la Chine et le Japon quant au rôle de leader en Asie, tout en soulignant la complémentarité de leurs économies et la densité de leurs échanges bilatéraux [Kwan, 2004 ; Milleli, 2003, 2005 ; Figuière *et al.*, 2005 ; Cieniewski *et al.*, 2005 ; Meyer, 2006 ; Guilhot, 2008]. L'analyse de Guilhot sur l'intégration économique régionale dans l'ASEAN+3⁷ montre que « *les deux économies possèdent chacune certains attributs du leader régional – la Chine s'affirme dans le critère démographique et militaire et mène une politique active de séduction et de ralliement, le Japon quant à lui demeure une grande puissance économique et scientifique – mais aucune des deux économies ne peut prétendre, seule, au statut de leader régional. En d'autres termes, la Chine et le Japon assurent un leadership bicéphale au sein du régime régional mis en place avec la crise [asiatique de 1997] » [Guilhot, 2008, p.141].*

Plus précisément, d'après les statistiques de l'OMC, la Chine est le premier fournisseur du Japon, représentant 22.1% de ses importations en 2010, et la première destination des exportations japonaises, attirant 19.4% des exportations nippones à cette date⁸. Le marché japonais attire 7.7% des exportations chinoises en 2010 (la quatrième destination des exportations) et est le premier fournisseur de la Chine, avec 12.7% de ses importations de marchandises⁹. Le tableau 0.1 révèle l'importance des relations commerciales entre ces deux pays. De plus, le Japon est le quatrième investisseur sur le territoire chinois, et le premier lorsque sont exclus les paradis fiscaux (Hong-Kong : 52.8% des IDE entrant en Chine, Iles

⁷ *Association of Southeast Asian Nations / Association des Nations d'Asie du Sud-Est (ASEAN /ANASE)*, créée en 1967, qui comprend désormais dix membres (Indonésie, Malaisie, Philippines, Singapour, Thaïlande, Sultanat de Brunei, Vietnam, Laos, Cambodge, Birmanie). Des négociations sont en cours avec le Japon, la Chine, et la Corée du Sud, formant le regroupement ASEAN+3. Pour une présentation des enjeux liés à l'intégration régionale en Asie, voir notamment Boulanger *et al.* (2008).

⁸ Pour plus de détails sur les déterminants des exportations japonaises en Chine, voir notamment Jaussaud *et al.* (2012) sur l'impact des fluctuations du taux de change réel et du niveau de PIB dans le pays de destination des exportations.

⁹ D'après les statistiques de l'OMC disponibles à l'adresse
<<http://stat.wto.org/CountryProfile/WSDBCountryPFView.aspx?Language=E&Country=CN,JP>>

Vierges britanniques : 9.11%, Singapour : 4.73%¹⁰), représentant 3.6% des IDE entrant sur le territoire en 2010 d'après les statistiques chinoises¹¹. En dernier lieu, la Chine est le deuxième territoire d'accueil des investissements japonais, attirant en 2010 12.7% des IDE nippons derrière les Etats-Unis qui en accueillent 16.1% [données OCDE¹²].

Tableau 0.1. Chine-Japon : des relations commerciales privilégiées

	Chine	Japon
Exportations de marchandises (en % du total en 2010)	<ul style="list-style-type: none"> - Union Européenne (27) : 19.7% - Etats-Unis : 18.0% - Hong-Kong : 13.8% - Japon : 7.7% 	<ul style="list-style-type: none"> - Chine : 19.4% - Etats-Unis : 15.6 - Union Européenne (27) : 11.3% - République de Corée : 8.1%
Importations de marchandises (en % du total en 2010)	<ul style="list-style-type: none"> - Japon : 12.6% - Union Européenne (27) : 12.0% - République de Corée : 9.9% - Taiwan : 8.3% 	<ul style="list-style-type: none"> - Chine : 22.1% - Etats-Unis : 10.0% - Union Européenne (27) : 9.6% - Australie : 6.4%

Sources : A partir des données fournies par l'OMC, disponibles à l'adresse <<http://stat.wto.org/CountryProfile/WSDBCountryPFView.aspx?Language=E&Country=CN,JP>>

En outre, leur place respective dans le Protocole de Kyoto liée à leur différentiel de développement peut être considérée comme un facteur facilitateur de transferts de technologies environnementales. La position chinoise dans les négociations multilatérales sur le climat est liée à son statut de PED : un rejet d'engagements quantitatifs de réduction des émissions du fait des « responsabilités communes mais différenciées dans la lutte contre les changements climatiques » conjugué à des revendications en faveur du financement de politiques d'adaptation et de transfert de technologies. La situation spéciale des PED est prise en compte dans la répartition des engagements de réduction des émissions et la charge du réchauffement climatique incombe aux pays industrialisés (PID) ; cette différenciation est à l'origine d'une « bipolarité » de la lutte contre les changements climatiques [Riedacker, 2003 ; Tsayem Demaze, 2009a]. Le Japon est alors le seul pays d'Asie appartenant à l'Annexe B du Protocole de Kyoto, son statut de pays industrialisé l'ayant conduit à prendre

¹⁰ Hong-Kong et Singapour sont classés par le Fonds Monétaire International (FMI) comme centres financiers *offshores* [FMI, 2007]. D'après le FMI « *Un centre financier offshore est un pays ou un territoire qui fournit des services financiers à des non-résidents sur une échelle qui est sans commune mesure avec la taille et le financement de son économie nationale* » [FMI, 2007, p.7]. Les Iles Vierges sont également classées par l'OCDE comme « Paradis fiscaux non coopératifs ».

¹¹ Site gouvernemental géré par le Ministère du Commerce de la République Populaire de Chine (RPC) « *Invest in China* » disponible à l'adresse <<http://www.fdi.gov.cn>>

¹² Base de données de l'OCDE disponible à l'adresse <<http://stats.oecd.org/>>

des engagements quantitatifs de réduction des émissions de GES. Ce différentiel de développement entre la Chine et le Japon explique alors leurs positions respectives dans le régime climatique pré-2012¹³. Dès lors, une partie des engagements japonais de réduction des émissions peut être réalisée sur le territoire chinois grâce à un mécanisme de flexibilité introduit par le Protocole, le Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) qui a pour vocation indirecte le transfert de technologies environnementales.

En dernier lieu, la complémentarité des économies chinoise et japonaise peut être mise en évidence grâce à la théorie standard du commerce international, et serait un facteur facilitateur de transferts de technologies. Hecksher et Ohlin (1933) ont renouvelé la théorie des avantages comparatifs de D. Ricardo en expliquant la spécialisation par les quantités relatives de facteurs détenues par une nation¹⁴. Dans la théorie Hecksher-Ohlin (HO), l'AC est déterminé par les ressources productives des pays, sachant que les pays exportent les facteurs dont ils disposent en abondance et importent les biens qui nécessitent l'utilisation de facteurs relativement plus rares sur leur territoire. Dans ce contexte, deux conditions préliminaires au commerce international sont identifiées. D'une part, les différences de rareté relative, c'est-à-dire les différences de prix relatifs des facteurs de production des pays leur permettent de retirer un gain à l'échange ; et d'autre part, des proportions différentes de facteurs de production dans chaque bien échangé induisent la spécialisation. Ainsi, les coûts relatifs des produits s'expliquent par les coûts relatifs des facteurs, qui proviennent eux-mêmes de l'utilité et de la productivité de ces facteurs, qui sont elles-mêmes dépendantes des quantités relatives de facteurs dont les pays disposent [Lassudrie-Duchêne *et al.*, 2001 ; pour une étude de la validité de la théorie des AC pour expliquer les choix de spécialisations industrielles, Cf.

¹³ Le régime climatique de Kyoto arrive au terme de sa première période d'engagement en 2012. Le fonctionnement et les enjeux environnementaux de cet accord international sur le climat seront précisés dans le troisième chapitre de la thèse.

¹⁴ La théorie des AC d'Hecksher-Ohlin a été critiquée, sur un plan théorique mais aussi lors des vérifications empiriques qui lui ont été consacrées. Plusieurs facteurs ont été invoqués dans ces critiques : d'abord, la multitude d'hypothèses restrictives (concurrence parfaite entre les entreprises, plein-emploi de tous les facteurs de production, mobilité interne des facteurs de production mais immobilité internationale, les prix de marché doivent refléter les coûts de production réels, les gains liés au commerce doivent être dépensés localement, ou encore la balance commerciale doit être toujours équilibrée). Ensuite, ses vérifications empiriques n'ont pas été significatives et enfin, la difficulté d'identification des AC et leur instabilité ont mis en avant le rôle de facteurs autres que les AC dans la spécialisation. Pour une revue des principales limites à la théorie des AC, consulter Hart-Landsberg (2006).

Chanteau, 2007]¹⁵. De fait, deux facteurs peuvent expliquer la complémentarité des économies chinoise et japonaise : d'une part, leur différentiel de dotations factorielles, et d'autre part, l'écart technologique entre ces deux nations¹⁶. Ainsi, l'écart technologique entre les nations peut, dans une certaine mesure, être également analysé comme un déterminant de l'échange entre des pays avec des niveaux de développement divergents.

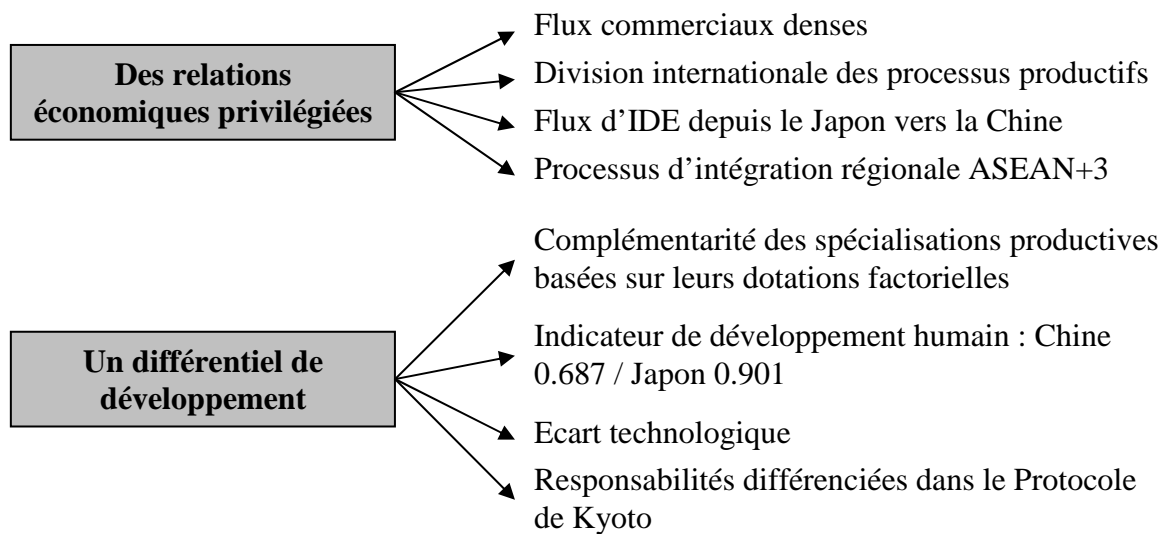
En résumé, la densité des échanges sino-japonais et la complémentarité de leur spécialisation productive en fait un objet d'un grand intérêt pour analyser le contenu environnemental de ces relations économiques. En commerçant avec le Japon qui a une forte avance technologique et des dotations capitalistiques significatives, les firmes chinoises peuvent acquérir des procédés de production plus respectueux de l'environnement qui peuvent réduire les externalités négatives de la croissance économique chinoise. Dans ce cadre, l'importance des relations économiques entre la Chine et le Japon peut être bénéfique à la qualité de l'environnement dans le pays récipiendaire des technologies. Le cadre d'analyse est alors restreint aux transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine, étant donnés leur positionnement respectif dans les chaînes de production de valeur et leur importance économique en Asie et dans le monde.

Le schéma 0.2 résume les différents facteurs qui justifient de restreindre le cadre d'analyse aux transferts de technologies environnementales portés par les flux économiques depuis le Japon vers la Chine : les relations économiques privilégiées ainsi que le différentiel de développement entre ces deux pays constituant à priori des facteurs « facilitateurs » des transferts.

¹⁵ Cette théorie impose les hypothèses restrictives de mobilité des facteurs de production au niveau national mais d'immobilité au niveau international. Pour valider cette hypothèse, B. Ohlin a énoncé le principe selon lequel la mobilité des biens constitue un substitut à la mobilité des facteurs de production. Chaque pays importe des biens qui renferment beaucoup de facteurs de production dont il a pénurie et exporte des produits contenant les facteurs de production qu'il possède en abondance ; ainsi, l'échange international mène en fait indirectement à un échange de facteurs abondants contre des facteurs rares [Cedras, 1958]. Mais les conditions de validité de ce théorème d'équivalence contribuent à son isolement dans un cadre théorique : fonctions de production bifactorielles, identité internationale des techniques, rendements d'échelle constants et absence de coûts de transport.

¹⁶ L'analyse des dotations factorielles de la Chine et du Japon et la mise en évidence de leur différentiel de développement sont explicitées dans l'Annexe 1. La question de la complémentarité des spécialisations productives de la Chine et du Japon a fait l'objet du Mémoire de Recherche de Master 2 rédigé en 2008 à l'Université Pierre Mendès France de Grenoble [Lacour, 2008].

Schéma 0.2. Une probabilité élevée de transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine



La thèse a donc pour objet le contenu environnemental des relations économiques entre le Japon et la Chine. Ce type de réflexion s'insère dans les théories du commerce international selon lesquelles les différences de dotations factorielles sont à l'origine des échanges internationaux, et dans un prolongement analytique plus récent, où l'innovation technologique explique les performances exportatrices de certains pays, indépendamment de leurs avantages de dotations. La thèse de l'écart technologique de M.V. Posner (1961) avance en effet que l'écart technologique entre les nations explique une partie des échanges, sachant que l'avance technologique d'un pays est liée aux efforts d'innovations mis en œuvre et donc à l'ampleur de ses activités de recherche et développement (R&D) [Lacroix *et al.*, 1976]. Dès lors, selon M.V. Posner « *le commerce peut être causé par des changements techniques et des développements qui influencent certaines industries et pas d'autres ; parce qu'un changement technique particulier est initié dans un pays, "des différences de coûts comparatifs" peuvent induire du commerce dans des biens particuliers pendant ce laps de temps nécessaire au reste du monde pour imiter les innovations du pays* » [Posner, 1961, p.323]. Ainsi la vitesse de diffusion des innovations dépend de l'écart technologique entre les nations. La rapidité et l'ampleur de la diffusion technologique peuvent être également expliquées grâce aux travaux de R. Vernon (1966) sur le cycle de vie du produit et par les recherches d'Harvey (1984) visant à appliquer ce concept à des problématiques de diffusion technologique. La diffusion de l'innovation vers les pays les moins développés survient alors lorsque la technologie est standardisée et les barrières à l'entrée du marché considérablement réduites [Rainelli, 2003].

Si les effets positifs du commerce international sur le bien-être des nations ont été mis en avant dans la littérature depuis le XIX^{ème} siècle, la dimension environnementale des flux économiques internationaux est une problématique beaucoup plus récente : elle voit le jour dans les années 1980. L'environnement est d'abord analysé comme un « troisième facteur de production » après les facteurs travail et capital et les recherches se sont concentrées sur les répercussions sur la compétitivité des nations des politiques environnementales [Baumol *et al.*, 1988 ; pour une revue de littérature Cf. Dean, 1992]. C'est ensuite à partir des années 1990 que les travaux fondateurs dans ce champ, Grossman *et al.* (1993) et Copeland *et al.* (1994), distinguent trois effets (échelle, technique et composition) du commerce international afin d'expliquer les variations du niveau de pollution mondiale dues à l'accroissement des flux. L'analyse menée dans la thèse se focalise sur l'effet technique mis en évidence par ces auteurs : le commerce international conduirait à une modification des techniques de production vers des méthodes plus respectueuses de l'environnement. Les problématiques de diffusion technologique vers les PED [Mansfield, 1961 ; 1975 ; Mansfield *et al.*, 1980 ; Grossman *et al.*, 1991b ; pour une revue de littérature sur les transferts de technologies, voir Reddy *et al.*, 1990] ont été prolongées sur le transfert de technologies environnementales, notamment par les travaux de Goldemberg *et al.* (1991), de MacDonald¹⁷ (1992a, 1992b), de l'OCDE (1994), de Coe *et al.* (1997) ou encore de Blackman (1999, 2002). La multiplicité des canaux de transfert de technologies mise en évidence dans la littérature a compliqué les analyses empiriques visant à quantifier la diffusion de technologies vertes. Ce n'est qu'à partir des années 2000 que les premières tentatives de quantification de ce type de transferts apparaissent dans la littérature. Les travaux de Dechezlepretre (2009), Dechezlepretre *et al.* (2008, 2010), Haščič *et al.* (2010), ou encore Johnstone *et al.* (2009) se focalisent sur des canaux de transfert précis afin de déterminer la nature et l'ampleur de la diffusion de technologies environnementales : les MDP ainsi que les familles internationales de brevets. Bien que ces méthodologies ne soient pas stabilisées étant donnée leur jeunesse, elles sont incontournables.

¹⁷ MacDonald soulignait, dès 1992, l'importance des dynamiques de transferts de technologies environnementales afin de réduire l'ampleur des changements climatiques : « *beaucoup, mais pas nécessairement toutes, les technologies qui peuvent réduire les émissions de gaz [à effet de serre] vont probablement être développées dans le monde industrialisé. Le transfert effectif de ces technologies vers les pays en développement présente un défi majeur, à la fois en termes de technologies pouvant être partagées et du processus par lequel ce partage peut être accompli* » [MacDonald, 1992a, p.3].

Ce sont donc ces techniques quantitatives très récentes qui seront mobilisées pour évaluer la relation entre les flux économiques et l'environnement dans le cadre de relations bilatérales. La thèse s'intéresse en effet aux transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine. **Plus précisément, la thèse vise à évaluer si la densité des relations économiques (flux commerciaux et d'investissement) entre la Chine et le Japon s'accompagne de la diffusion de technologies environnementales.** En d'autres termes, les importations chinoises de biens et de capitaux depuis le Japon sont-elles bénéfiques à la qualité de l'environnement sur son territoire ? La thèse se propose alors de déterminer le contenu environnemental des flux économiques entre ces deux nations en analysant la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement, technologies qui permettent de réduire les émissions de polluants, ou bien d'utiliser des sources d'énergie renouvelables.

METHODOLOGIE

Trois vecteurs de technologies ressortent des travaux empiriques menés dans le champ de ce questionnement : les flux commerciaux (biens d'équipement, biens intermédiaires et produits de haute technologie) [Coe *et al.*, 1995, 1997 ; Hakura *et al.*, 1999 ; OCDE, 2005a], les familles internationales de brevets [Johnstone *et al.*, 2009 ; Haščič *et al.*, 2010], ainsi que les MDP du Protocole de Kyoto [Haites *et al.*, 2006 ; De Coninck *et al.*, 2007 ; Seres, 2007 ; Seres *et al.*, 2009 ; Dechezlepretre, 2009 ; UNFCCC, 2010].

Les canaux de transfert de technologies retenus reposent sur des acteurs privés (firmes transnationales). Les technologies environnementales sont alors diffusées dans une optique de rentabilité économique, ceci afin de différencier ces flux de ceux supportés par l'APD. Ainsi, les motivations des firmes nippones à transférer des équipements compatibles avec la protection de l'environnement sur le territoire chinois satisfont des objectifs commerciaux (accès au marché chinois), des incitations gouvernementales chinoises (législations sur les investissements entrants), ou encore des objectifs institutionnels liés aux engagements japonais dans le cadre du régime climatique de Kyoto.

La diversité de la réalité des transferts de technologies vertes appelle alors une pluralité de méthodologies. La thèse propose, à cet effet, la qualification et la quantification des transferts de technologies vertes portés par ces trois canaux de diffusion, en étudiant les incitations gouvernementales aux transferts et les interactions qui y sont liées. Chaque canal nécessite en outre une méthodologie d'analyse singulière. Cette démarche permet alors

d'accroître la finesse de l'identification des transferts et de l'appréhension quantitative de la dimension environnementale des relations entre le Japon et la Chine.

Bien que la problématique des transferts de technologies environnementales soit de plus en plus présente dans la littérature et à l'ordre du jour des agendas de négociations des organisations internationales sur le climat et le développement, cette réflexion a peu de profondeur historique et les études quantitatives dans ce champ sont particulièrement récentes. Etant donnée la **multiplicité des canaux de transfert** de technologies vertes, à la fois interétatiques et privés, il n'existe **pas de méthodologie harmonisée** destinée à quantifier les transferts de technologies environnementales dans une optique synthétique. De plus, la **polymorphie de la technologie**, possédant des composantes tangibles et intangibles, handicape fortement l'analyse empirique en complexifiant la détermination des flux technologiques entrant sur le territoire chinois.

Toutefois, les analyses visant à évaluer les impacts des flux commerciaux sur l'environnement dans une optique globale sont multiples, et ce canal de transfert est celui qui a suscité le plus travaux [Antweiler *et al.*, 2001 ; Heil *et al.*, 2001 ; Mielnik *et al.*, 2002 ; Cole *et al.*, 2003 ; Frankel *et al.*, 2005 ; Zheng *et al.*, 2007]. La diffusion des technologies est alors implicite dans ces analyses, sachant qu'elles se focalisent sur l'effet technique du commerce international engendré par l'augmentation des revenus liés au commerce [Grossman *et al.*, 1993 ; Copeland *et al.*, 1994, OCDE, 2008a]. De plus, les analyses quantitatives visant à évaluer la diffusion de technologies inhérente à l'établissement de projets MDP dans les PED sont nécessairement récentes étant donnée la jeunesse de ce mécanisme, lequel n'est réellement entré en vigueur qu'en 2005 [Seres *et al.*, 2009 ; Dechezlepretre, 2009 ; UNFCCC, 2010]. En dernier lieu, l'analyse des données sur les brevets est apparue dans la littérature académique et dans les travaux des organisations internationales comme l'une des techniques pour quantifier et qualifier les transferts depuis la fin des années 2000, sachant que cette méthodologie n'est pas stabilisée puisque les recherches du groupe de travail de l'OCDE dédiées à cette problématique sont encore en cours¹⁸.

De ce fait, l'analyse développée dans la thèse s'appuie sur trois grappes de travaux académiques et trois ensembles de données quantitatives. L'objet de la thèse –le contenu

¹⁸ Le projet de l'OCDE sur la politique environnementale et l'innovation technologique vise à créer un indicateur dénommé « Env-tech », dont l'objectif est d'étudier les effets sur l'innovation verte de différentes actions publiques et de mesurer la diffusion des innovations environnementales entre pays. Ces recherches se basent sur l'étude de données sur les brevets. Pour plus de détails sur ce projet, consulter <http://www.oecd.org/document/55/0,3746,en_2649_37465_43383927_1_1_1_37465,00&&en-USS_01DBC.html>

environnemental des relations économiques entre le Japon et la Chine- est alors abordé par trois angles particuliers, mais évidemment complémentaires.

THESE – STRUCTURE DE L’ANALYSE

L’analyse des transferts de technologies environnementales supportés par ces trois canaux de diffusion montre que les relations économiques entre le Japon et la Chine favorisent l’acquisition par l’économie chinoise de technologies ayant vocation à réduire les émissions de polluants et à exploiter des sources d’énergie renouvelables. Ce résultat global s’appuie sur trois résultats intermédiaires, présentés dans les chapitres 1, 2 et 3.

Le premier chapitre analyse les transferts de technologies environnementales supportés par les flux commerciaux depuis le Japon vers la Chine. La démarche d’analyse de ce chapitre repose sur la détermination de vecteurs de diffusion technologique grâce à la littérature empirique [Coe *et al.*, 1995 ; 1997 ; Hakura *et al.*, 1999 ; Keller, 2004 ; OCDE, 2005a]. L’analyse de ce premier canal de transfert montre que c’est en commerçant avec un pays qui a une avance technologique, que l’économie chinoise peut importer des technologies dotées d’une efficacité environnementale supérieure, et ainsi réduire les émissions de polluants de ses processus productifs et de son offre énergétique. De plus, l’analyse des échanges de biens et services environnementaux (BSE) permet de pallier les difficultés liées à l’identification des transferts de technologies environnementales supportés par les flux de biens finis et d’équipement. L’évolution de la balance commerciale chinoise de certains biens environnementaux montre alors que la Chine s’est appropriée le contenu technologique de ces biens et que cette économie est désormais en mesure de les exporter. Enfin, ce premier chapitre évalue statistiquement la relation entre les flux entrants et le déclin de l’intensité énergétique et carbonique chinoise, révélant de ce fait le « verdissement » de sa croissance économique [Mielnik *et al.*, 2002 ; Fisher-Vanden *et al.*, 2004]. Les équations de régressions linéaires multiples sont estimées grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires et les variables sélectionnées sont étudiées sur une période allant de 1980 à 2009. Les résultats de ces équations montrent que les importations de biens de haute technologie contribuent au « verdissement » de la croissance économique chinoise. En d’autres termes, l’accroissement des importations de biens de haute technologie (depuis le Japon et le reste du monde)

influence négativement l'intensité carbonique et énergétique du PIB chinois. De plus, ces estimations mettent en évidence le contenu environnemental des exportations de haute et moyenne technologie du Japon vers la Chine.

Le deuxième chapitre qualifie et quantifie les transferts de technologies environnementales en étudiant les données sur les familles internationales de brevets. Ce chapitre analyse ainsi les dynamiques de diffusion technologique liées à l'implantation de firmes nippones sur le territoire chinois ou à la commercialisation des produits japonais en Chine : l'avance technologique du Japon bénéficiant directement à l'économie chinoise lorsque les firmes nippones y étendent la protection de leurs innovations environnementales. L'analyse s'appuie sur les méthodologies développées par Dechezlepretre (2009) et approfondies par l'OCDE (2011a), ainsi que sur les données fournies dans la base PATSTAT afin de déterminer, d'une part, les inventions japonaises brevetées en Chine, et d'autre part, les brevets enregistrés parallèlement au Japon et sur le territoire chinois. Ce deuxième chapitre permet de révéler que l'économie chinoise possède des capacités d'absorption favorisant l'acquisition de technologies étrangères et que les régulations gouvernementales concernant les IDE entrants encouragent les effets d'agglomération et les transferts de technologies environnementales. De plus, l'analyse empirique permet de déterminer l'ampleur des transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine grâce aux données sur les brevets, indiquant que les technologies transférées visent principalement à diminuer les niveaux de pollution atmosphérique, et, dans une moindre mesure, à favoriser l'exploitation des énergies solaires et éoliennes.

Le troisième chapitre se propose de spécifier les transferts de technologies vertes liées à la mise en œuvre de projets MDP financés par des firmes japonaises en Chine. L'efficacité du mécanisme en termes d'intégration des PED dans le régime climatique de Kyoto repose sur son appropriation par les autorités du pays récipiendaire et sur son adéquation avec la stratégie climatique domestique [Maosheng *et al.*, 2006 ; Lacour *et al.*, 2013]. Ce chapitre s'appuie sur les données fournies par l'UNFCCC et celles qui sont disponibles dans les « fiches techniques des projets » (*Project Design Document (PDD)*) [Haites *et al.*, 2006 ; Seres, 2007 ; Seres *et al.*, 2009 ; Dechezlepretre, 2009] afin d'analyser la répartition sectorielle des MDP japonais en Chine et les transferts de technologies et de connaissances qui sont liés à la mise en œuvre de ces « projets propres ». Cette analyse montre, d'une part,

l'existence d'une adéquation entre la répartition sectorielle des MDP en Chine et ses priorités énergétiques et climatiques. Les pouvoirs publics chinois orientent fiscalement les projets et incitent aux transferts de technologies vertes. D'autre part, l'analyse empirique des MDP japonais en Chine révèle que les flux technologiques sont substantiels et se concentrent dans le cadre de projets de réduction des émissions (récupération des hydrofluorocarbures et réduction des émissions d'oxydes nitreux) ; même si les projets enregistrés dans la catégorie de l'exploitation de l'énergie éolienne connaissent une propension plus élevée à transférer des technologies. Ce dernier résultat est mis en évidence grâce à la construction d'une équation de régression logistique estimée grâce à la méthode du maximum de vraisemblance.

Le Tableau 0.2 présente les différentes étapes de l'analyse empirique développée dans la thèse.

Tableau 0.2. Architecture de la thèse

Chapitre	Méthodologies	Résultats
<p align="center">Chapitre 1 <i>Les flux commerciaux vecteurs de technologies environnementales du Japon vers la Chine</i></p>	<p>Analyse de canaux de diffusion technologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ importations de biens intermédiaires ▪ importations de biens d'équipement ▪ importations de biens de haute technologie ▪ commerce intra-branche <p>Spécification de biens contribuant directement à la protection de l'environnement : liste des biens environnementaux de l'OCDE.</p> <p>Construction d'équations de régressions linéaires multiples estimées grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires afin de déterminer l'impact des flux entrants en Chine sur l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'analyse empirique montre l'importance du Japon en tant que fournisseur de biens d'équipement et de biens intermédiaires en Chine, ainsi que l'évolution du solde de la balance commerciale chinoise dans les produits de haute technologie. • Renversement du solde de la balance commerciale chinoise dans certains biens environnementaux (lutte contre la pollution atmosphérique, gestion des eaux usées et des déchets solides, technologies d'utilisation de sources d'énergie renouvelables). L'économie chinoise a bénéficié de l'importation de technologies environnementales pour effectuer un processus d'imitation et de réplification des technologies importées, devenant exportateur net. • Les intensités énergétique et carbonique du PIB chinois sont expliquées négativement par les importations de biens de haute technologie depuis le Japon et le reste du monde. Le contenu environnemental des importations de biens de haute technologie depuis le Japon est plus élevé que celui des importations de ces types de biens depuis le reste du monde.
<p align="center">Chapitre 2 <i>Transferts de technologies environnementales : Analyse empirique des dépôts de brevets japonais en Chine</i></p>	<p>Détermination de capacités d'absorption en Chine facilitant l'acquisition technologique.</p> <p>Identification des technologies environnementales (Dechezlepretre <i>et al.</i>, 2009a ; Classification de l'OCDE)</p> <p>Analyse empirique des technologies transférées grâce aux données sur les brevets issues de la base PATSTAT :</p> <p>(1) Brevets environnementaux dont l'inventeur est japonais et qui sont enregistrés en Chine</p> <p>(2) Familles de brevets environnementaux : extension de la protection d'un brevet japonais au territoire chinois</p>	<p>Les capacités technologiques en Chine (intensité de recherche et développement et dépôt de brevets) et les incitations gouvernementales aux transferts de technologies (législations sur les IDE entrants, respects des droits de propriété intellectuelle) favorisent l'acquisition de technologies.</p> <p>L'analyse empirique démontre que les technologies transférées ont principalement pour vocation de diminuer les pollutions atmosphériques et la production de déchets. Dans le domaine des technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables, les technologies solaires et éoliennes dominent les transferts.</p>
<p align="center">Chapitre 3 <i>Mécanismes pour un Développement Propre et transferts de technologies : les partenariats sino-japonais</i></p>	<p>Détermination de facteurs expliquant la polarisation des MDP sur le territoire chinois.</p> <p>Analyse empirique des MDP japonais en Chine sur la base des informations disponibles dans les fiches techniques des projets (<i>Project Design Document</i>) disponibles sur le site de l'UNFCCC et différenciation dans la nature des technologies transférées (connaissances <i>versus</i> équipements) et la répartition sectorielle des projets.</p> <p>Construction d'une équation de régression logistique estimée grâce à la méthode du maximum de vraisemblance afin de déterminer les types de projets les plus susceptibles d'entraîner des transferts de technologies.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Le cadre institutionnel chinois ainsi que les incitations fiscales favorisent l'établissement de projets MDP en adéquation avec sa stratégie climatique et énergétique (diminution de l'intensité énergétique du PIB, développement des puits de carbone, utilisation de sources d'énergie renouvelables). • Les transferts de technologies apparaissent dans des projets de forte efficacité environnementale (28.05% des MDP représentant 70.87% des réductions d'émissions de CO₂). La diffusion concomitante d'équipements et de connaissances domine les transferts, lesquels sont alors plus fréquents dans les projets de dépollution (décomposition des hydrofluorocarbures (HFC), réduction d'émissions d'oxydes nitreux (N₂O)). • Les effets marginaux des types de projets MDP sur la probabilité de transfert de technologies sont les plus élevés pour les projets éoliens, ainsi que pour ceux enregistrés dans la catégorie de l'efficacité énergétique et de l'évitement du méthane.

CHAPITRE 1

LES FLUX COMMERCIAUX VECTEURS DE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES DU JAPON VERS LA CHINE

« Si l'environnement écologique est sérieusement détérioré, l'environnement de la vie et de la production des gens se détériore. Si il y a une insuffisance forte de ressources et un conflit aigu entre le développement économique et les ressources, l'harmonie entre les humains eux-mêmes ou entre les humains et la société n'est pas réalisable ».

Extraits du discours du président HU Jintao sur la construction d'une société harmonieuse socialiste (19 février 2005).

Les technologies protectrices de l'environnement apparaissent comme l'une des premières réponses apportées aux enjeux engendrés par les changements climatiques. Tout particulièrement, la diffusion de ces technologies vers les pays les moins développés permet de les intégrer dans le régime climatique et de favoriser une dynamique de développement durable [GIEC, 2000] Ces transferts de technologies vertes – aussi qualifiées d'« *environmentally-friendly* » – permettent alors aux PED de limiter les dégradations environnementales causées par leurs processus productifs, d'initier des dynamiques de « croissance verte », et de poursuivre des stratégies de développement durable.

La libéralisation des flux commerciaux est interprétée, dans le cadre des programmes des organisations internationales, comme vecteur de développement [OMC, 2001a ; OCDE, 2008a ; Banque Mondiale, 2008]. Le commerce international est alors, selon la théorie du commerce international, un jeu gagnant-gagnant où chaque pays retire un gain au commerce. Les flux commerciaux et d'investissement sont alors analysés dans la littérature comme des vecteurs de technologies [Mansfield, 1961 ; 1975 ; Mansfield *et al.*, 1980 ; Grossman *et al.*, 1991b] : le commerce de biens d'équipements ou encore la DIPP opérée par les firmes transnationales permettant la diffusion d'équipements et de technologies novateurs.

Dès lors, cet aspect vertueux des flux économiques est depuis les années 1980 transposé aux problématiques liées à la protection de l'environnement, les mouvements internationaux de biens et de capitaux pouvant à cet égard permettre la diffusion de technologies environnementales, dépolluantes ou dotées d'une efficacité énergétique supérieure à celles utilisées localement dans les PED [Goldemberg *et al.*, 1991 ; MacDonald, 1992a, 1992b ; OCDE, 1994 ; Blackman, 1999 ; 2002].

De ce fait, l'intégration de l'économie chinoise dans les échanges internationaux lui permet d'acquérir des technologies innovantes et des pratiques compatibles avec la protection de l'environnement ; ceci afin de renforcer les changements structurels déjà à l'œuvre sur son territoire [Garbaccio *et al.*, 1999 ; Fisher-Vanden *et al.*, 2006 ; 2004 ; Lovely *et al.*, 2010]. La densité de ses échanges avec son principal fournisseur – le Japon – est alors un canal de transmission de ces technologies, par le biais de l'importation des innovations contenues dans les biens (finaux, intermédiaires et d'équipement) et du fait de l'acquisition de connaissances concernant de nouvelles méthodes et techniques de production.

L'objet de ce chapitre est d'identifier le contenu environnemental des relations commerciales entre le Japon et la Chine, en examinant les transferts de technologies vertes intégrés aux flux commerciaux. Etant données la multiplicité des formes de transferts de technologies et l'absence de données permettant d'identifier avec précision une dynamique de diffusion et d'isoler les technologies vertes, des choix méthodologiques doivent être faits. D'une part, nous avons analysé dans un premier temps des indicateurs de transferts de technologies en général : les flux de biens d'équipement, de biens intermédiaires, de biens de haute technologie, la densité des échanges intra-branche étant considérés dans la littérature comme favorables à une diffusion technologique vers le pays importateur [Coe *et al.* 1995 ; Johnstone, 1997 ; Coe *et al.*, 1997 ; Hakura *et al.*, 1999 ; Keller, 2004 ; Hoekman *et al.*, 2005].

D'autre part, afin d'identifier le type de biens dont le commerce est directement compatible avec la protection de l'environnement, nous avons mobilisé la classification de l'OCDE des biens environnementaux [OCDE, 2001a]. Cette liste nous permet de désigner les flux commerciaux entrant en Chine qui possèdent spécifiquement des propriétés environnementales, ces biens ayant pour vocation de réduire les émissions de polluants, de dépolluer ou d'exploiter les ressources dans une optique soutenable.

Pour ce faire, **la première section** de ce chapitre analyse les flux commerciaux comme des vecteurs de technologies en général (et non spécifiquement environnementales), en s'appuyant sur la littérature théorique et empirique mettant en évidence des canaux de diffusion technologique [Coe *et al.* 1995 ; Coe *et al.*, 1997 ; Johnstone, 1997 ; Hakura *et al.*, 1999 ; Keller, 2004 ; Hoekman *et al.*, 2005]. La Chine et le Japon sont des partenaires commerciaux privilégiés et l'avance technologique de ce dernier est dès lors favorable à l'économie chinoise : les importations de biens d'équipement, de biens intermédiaires ou encore le commerce des biens de haute technologie diffusant des technologies plus efficaces. Cette première section démontre alors l'importance de ces canaux de transfert de technologies, analysés comme des indicateurs de la diffusion technologique depuis le Japon vers la Chine.

La deuxième section prolonge la précédente en se concentrant sur le commerce international de biens environnementaux et sur les catégories de biens entrant sur le territoire chinois. Cette section montre alors que la participation de la Chine à ce type de commerce lui permet d'acquérir les technologies intégrées dans ces biens. Le renversement du solde de sa balance commerciale de certains biens environnementaux à haute valeur ajoutée témoigne également de l'appropriation par les firmes domestiques des méthodes de production de ces biens et de la mise en œuvre d'une stratégie de substitution des importations.

La troisième et dernière section de ce chapitre prolonge l'analyse empirique effectuée dans les deux premières par la mobilisation d'outils économétriques. Les régressions linéaires estimées grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires entre l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois et les flux économiques entrant depuis le Japon et le reste du monde sur son territoire, permettent d'obtenir deux résultats principaux. D'abord, les importations chinoises de biens de haute technologie ont un impact positif sur le « verdissement » de la croissance économique chinoise. Ensuite, le contenu environnemental des exportations japonaises de biens de haute et moyenne technologie en Chine apparaît comme étant supérieur à celui de ses importations en provenance du reste du monde.

SECTION 1. ECHANGES COMMERCIAUX ET DIFFUSION TECHNOLOGIQUE

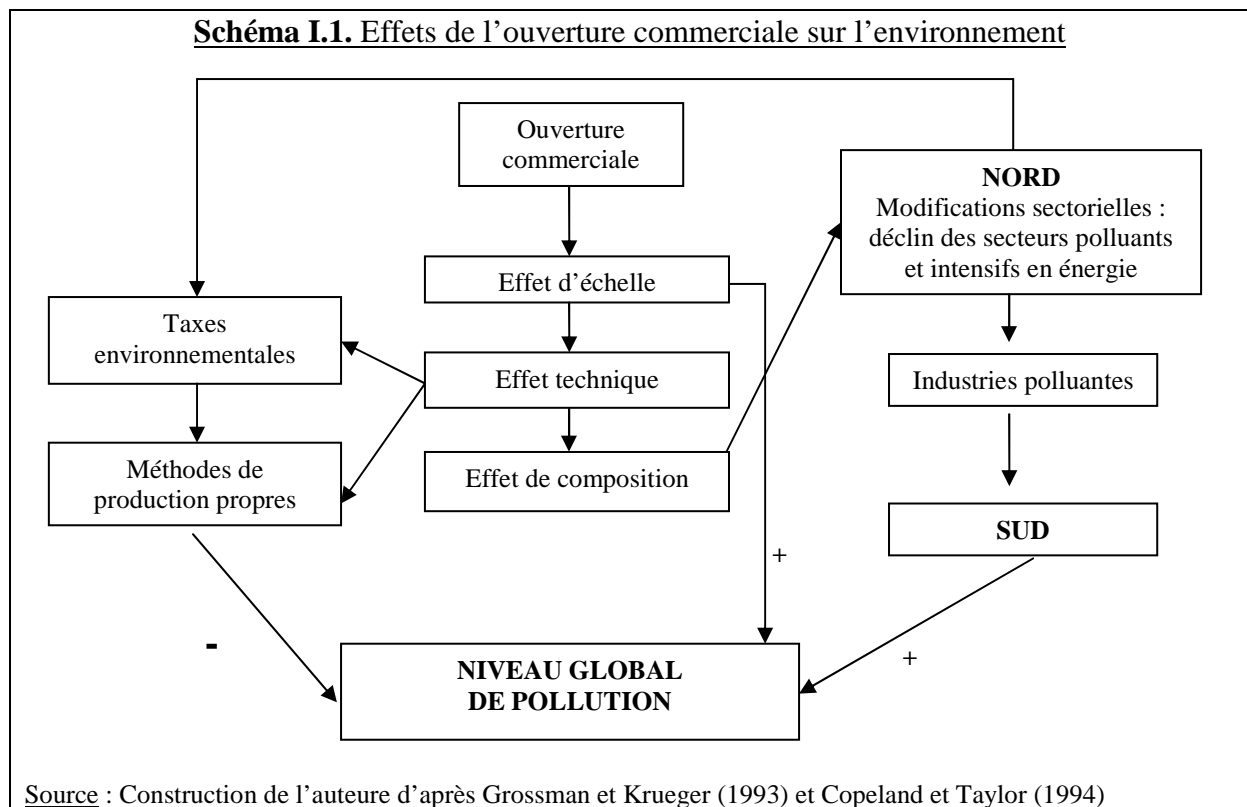
Les flux commerciaux, en tant que canaux de diffusion de technologies, ont fait l'objet de nombreuses publications scientifiques malgré les difficultés de quantification des transferts [Grossman *et al.*, 1991b ; Maskus, 2004]. Cette propriété de diffusion technologique des échanges commerciaux est alors appliquée aux problématiques de transferts de technologies vertes ; la littérature académique liant développement des échanges économiques et amélioration de la qualité de l'environnement ayant mis en avant les potentialités des flux économiques afin de transmettre des technologies environnementales aux pays les moins développés [MacDonald, 1992a ; 1992b ; Grossman *et al.*, 1993 ; Copeland *et al.*, 1994 ; Coe *et al.*, 1997 ; Blackman 1999 ; 2002]. Cette première section vise alors à analyser les différents types de flux commerciaux en tant que vecteurs de technologies, les technologies environnementales n'étant pas distinguées dans cette première partie des technologies novatrices dans leur ensemble. La littérature dédiée à cette problématique a permis d'identifier des canaux de transfert précis : les importations de biens d'équipement, de biens de haute technologie, de biens intermédiaires et les échanges de nature intra-branche [Coe *et al.*, 1995 ; Hakura *et al.*, 1999 ; Keller, 2004 ; Hoekman *et al.*, 2005 ; Lovely *et al.* 2010] (1.1). Les échanges commerciaux de la Chine avec son principal partenaire – le Japon –, lui permettent alors d'acquérir des technologies novatrices. Ces flux sont ici analysés comme illustrant des tendances de transferts entre ces deux pays, leur importance témoignant d'une probabilité élevée de diffusion depuis le Japon vers la Chine (1.2).

1.1. Commerce international et diffusion technologique : les principaux canaux de transfert

Les processus de diffusion technologique, difficiles à appréhender quantitativement, reposent principalement sur les flux économiques internationaux [Maskus, 2004]. L'hypothèse quant au rôle vertueux des flux commerciaux a été transposée aux problématiques environnementales : la libéralisation commerciale et l'ouverture économique permettraient de diffuser des technologies et pratiques compatibles avec la protection de

l'environnement. Malgré les thèses des partisans des théories des « havres de pollution¹⁹ », les recherches dans ce champ ont démontré une propriété technique au commerce international [Grossman *et al.*, 1993 ; Copeland *et al.*, 1994 ; OCDE, 2008a]. Par le biais de l'importation de biens dont les propriétés intrinsèques et les méthodes de production sont plus respectueuses de l'environnement, les PED pourraient assainir leurs processus de production et en diminuer les nuisances environnementales.

Etant donné le peu de profondeur historique de cette réflexion, les tentatives d'établissement d'un cadre conceptuel à l'analyse des répercussions de l'ouverture au commerce international sur la qualité de l'environnement sont récentes. Grossman et Krueger (1993) en analysant les répercussions environnementales de l'accord libre-échange nord-américain (ALENA), puis Copeland et Taylor (1994), sont les premiers économistes à avoir distingué trois effets du commerce avec des impacts disparates sur le niveau de pollution mondial (Cf. Schéma I.1).



¹⁹ Dans 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 plus laxiste. Pour plus de détails sur les théories des havres de pollution, voir Low *et al.* (1992), Mani *et al.* (1999), Copeland (2004), Monjon *et al.* (2007), Rieber *et al.* (2008).

- D'abord, *l'effet d'échelle* reflète l'augmentation de la pollution liée à l'accroissement de l'activité économique, avec des techniques de production constantes. La croissance économique conduit dans ce cadre à une aggravation du niveau de pollution, effet similaire dans les PED et les PID, étant donné que les émissions de polluants augmentent parallèlement à l'accroissement des revenus. Plus précisément, l'intensification de l'activité économique contribue à accroître la consommation d'énergie. Sachant que cette dernière est majoritairement issue de l'utilisation de combustibles fossiles, l'ouverture conduira dans ce cadre à augmenter les émissions de GES [OMC et PNUE, 2009].

- Ensuite, *l'effet technique* mesure la diminution du niveau de pollution agrégé 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 une production finale constante). L'effet technique du commerce international est considéré dans ce cadre comme positif pour la qualité de l'environnement ; c'est l'amélioration des niveaux de revenus qui permet de « verdir²⁰ » les processus de production. Cette répercussion « technique » peut être illustrée par deux types d'effets du commerce : d'une part, l'ouverture des frontières permet aux pays importateurs de disposer d'une plus large variété de biens et de technologies protégeant l'environnement, et ceci à moindre coûts. « *La perspective d'un plus large accès au marché devrait [également] inciter les exportateurs à développer de nouveaux biens et services qui contribuent à l'atténuation du changement climatique* » [OMC et PNUE, 2009, p.56]. D'autre part, l'augmentation des niveaux de revenus due à l'accroissement de l'activité économique conduit à l'émergence d'une demande civile plus forte pour la protection de l'environnement.

- Enfin, *l'effet de composition* mesure la variation du niveau de pollution due à un changement de la variété de biens produits par un pays. La compréhension de cet effet nécessite de recourir à la théorie du commerce international d'HO, dans laquelle le commerce est conduit par les différences relatives de facteurs de production. Ainsi, le Nord a des niveaux de revenus plus élevés et dispose d'un avantage comparatif dans les productions intensives en capital qui, par définition, sont les plus polluantes. Les pays du Nord choisiront des niveaux de taxes environnementales plus élevés étant donné que leurs revenus sont supérieurs à ceux des pays du Sud, forçant les industries polluantes à se localiser dans les PED. Dans ce cadre, le commerce international sera à l'origine d'un redéploiement industriel

²⁰ La notion de « verdissement » des processus productifs et de la croissance économique est entendue ici comme une diminution de l'intensité carbonique et énergétique de la production et du PIB.

favorable à l'environnement au Nord, mais défavorable à celui du Sud [Rieber *et al.*, 2008]. Ce résultat se fonde sur les différences relatives de dotations en facteurs de production entre les pays, lesquelles doivent être suffisamment divergentes pour engendrer des écarts de législations environnementales et donc une relocalisation des industries.

Dans le cadre de notre analyse des transferts de technologies protectrices de l'environnement, c'est bien sur l'effet technique du commerce international que doit être centrée la réflexion : un changement des techniques de production vers des méthodes plus respectueuses de l'environnement devrait engendrer une variation du niveau de pollution agrégé.

Afin de préciser d'avantage la relation entre commerce international et qualité de l'environnement, l'OCDE (2008a) a pour sa part désagrégé en cinq catégories les effets du commerce et relativisé l'impact négatif de l'effet d'échelle sur la qualité de l'environnement. Ces effets mis en évidence par l'OCDE sont alors désignés sous les termes : effet d'échelle, structurel, produit, technologique et de régulation.

- *Effet d'échelle* : la libéralisation commerciale conduit à la réalisation d'économies d'échelles liées à l'accroissement des perspectives de marché. En présence de politiques environnementales adéquates permettant d'internaliser les dommages environnementaux, ces gains économiques peuvent être utilisés pour le développement de technologies vertes²¹.

- *Effet structurel* : l'internalisation des externalités environnementales négatives permet d'améliorer l'allocation des ressources et ainsi d'abandonner des activités polluantes devenues peu rentables. Cet « effet structurel » se rapproche ici partiellement de la définition de l'effet de composition identifié par Grossman et Krueger (1993).

- *Effet produit* : la libéralisation commerciale élargit le panel de produits disponibles, dont ceux qui permettent d'améliorer l'efficacité énergétique, de dépolluer ou d'assainir l'environnement. Toutefois, cet effet est ambivalent, l'ouverture internationale pouvant conduire à faciliter le commerce de déchets dangereux et de produits chimiques toxiques. Cet « effet produit » mis en évidence par l'OCDE se rapproche alors partiellement de la définition de l'effet technique de Grossman *et al.* (1993) : la libéralisation commerciale

²¹ Toutefois, en l'absence de politiques environnementales adéquates, l'accroissement de l'activité économique lié à l'ouverture commerciale pourrait conduire à des dommages environnementaux tels que l'exploitation de ressources naturelles dans une optique non soutenable [OCDE, 2008a].

permet aux pays importateurs de disposer d'une plus grande variété de produits, et ceci à moindres coûts.

- Notre analyse se concentre plus précisément sur le quatrième effet dénoté par l'OCDE (2008a) : *l'effet technologique* du commerce international. « *La libéralisation commerciale peut avoir un effet technologique positif en facilitant le transferts de technologies compatibles avec l'environnement et améliorant les capacités de management environnemental à travers des marchés plus ouverts et des flux d'investissements plus libres. Cependant, l'attention doit être portée sur le fait que ces technologies transférées ne causent pas de dommages environnementaux et sont appropriées aux conditions du pays receveur* » [OCDE, 2008a, pp.12-13].

- En dernier lieu, la libéralisation commerciale peut conduire à l'instauration de politiques environnementales efficaces, dans le cas où les pays connaissant les réglementations les plus laxistes veulent accéder aux marchés des pays industrialisés –effet de *régulation*. Ce cinquième effet est particulièrement intéressant dans le cas chinois et va au-delà des impacts de l'ouverture mis en évidence par Grossman *et al.* (1993). Les réglementations environnementales en place sur les marchés d'exportation des firmes chinoises (dont 70% des exportations en 2009 sont dirigés vers les pays développés)²² induisent alors une modification des biens produits pour que leurs propriétés environnementales correspondent aux normes des PID.

Des technologies novatrices de dépollution, dotées d'une efficacité énergétique supérieure à leurs substituts disponibles localement ou utilisant des sources d'énergie renouvelables, peuvent ainsi être transférées aux PED grâce aux flux économiques internationaux (IDE, échanges commerciaux). De multiples terminologies sont employées dans la littérature anglo-saxonne pour désigner ces technologies qui permettent de protéger l'environnement ; ce flou terminologique s'accompagne de difficultés méthodologiques dans leur appréciation et leur quantification [GIEC, 2000 ; Makower *et al.*, 2001 ; OCDE, 2005a]. Le GIEC définit la diffusion de technologies vertes comme « *des flux de savoir-faire, d'expérience et d'équipements pour réduire les émissions de polluants et favoriser*

²² D'après les données de la base CHELEM (Comptes Harmonisés sur les Echanges et L'Economie Mondiale) du Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales (CEPII). La catégorie « pays développés » regroupe les Etats-Unis, le Canada, la France, la Belgique, le Luxembourg, l'Allemagne, l'Italie, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, l'Irlande, le Danemark, la Finlande, la Norvège, la Suède, l'Islande, l'Autriche, la Suisse, l'Espagne, la Grèce, le Portugal, Israël, l'Australie, la Nouvelle Zélande, la Corée, Hong-Kong, Singapour, Taiwan et le Japon. La base CHELEM est disponible à l'adresse : <<http://www.cepii.fr/francgraph/bdd/chelem.htm>>.

l'adaptation aux changements climatiques parmi différents acteurs tels que les gouvernements, les entités du secteur privé, les institutions financières, les organisations non gouvernementales et les institutions de recherche et d'éducation » [GIEC, 2000, p.3]. Le terme de « transfert » englobe alors deux composantes. D'une part, les technologies transférées sont incorporées dans des actifs physiques corporels et des biens d'équipement (installations et équipements industriels, machines, composants et instruments) [Rosenberg, 1982 ; Ramanathan, 1994]. D'autre part, la notion de transfert de technologies implique la diffusion de connaissances et d'informations inhérentes à tout système technologique [Edquist *et al.*, 1979 ; Metcalfe, 1995 ; Jacot, 1997] (Pour plus de détails sur la définition des technologies environnementales retenue Cf. Encadré 0.2 dans l'Introduction Générale).

Etant donnée la diversité des canaux de transfert possibles (flux d'IDE, flux commerciaux, APD ; Cf. Encadré 0.3 dans l'Introduction Générale) et la complexité du processus de diffusion des technologies environnementales, peu de travaux ont quantifié ce phénomène alors même que ce sujet a fait l'objet de nombreuses publications scientifiques [Goldemberg *et al.*, 1991 ; MacDonald, 1992a ; 1992b ; OCDE, 1994 ; Blackman, 1999 ; 2002]. Afin de dépasser cette difficulté, l'analyse menée dans ce chapitre mobilise les travaux visant à identifier des transferts de technologies en général supportés par des flux internationaux. Les flux économiques et plus particulièrement les flux commerciaux sont l'un des canaux les plus accessibles pour appréhender quantitativement la diffusion technologique depuis le Japon vers la Chine, étant donnée la disponibilité des données sur ces flux. Toutefois, les transferts internationaux de technologies *via* les importations de biens peuvent être mesurés relativement facilement grâce à une pluralité de données disponibles alors que les transferts de connaissances au travers des contacts interpersonnels internationaux sont plus difficiles à quantifier [Brewer, 2008]. En conséquence, dans leur globalité, les flux commerciaux internationaux sont 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'équipement et dont l'application permet de réduire les nuisances environnementales des processus industriels et de génération d'énergie.

- Et troisièmement, au travers de la diffusion de connaissances issues des pays développés concernant de nouvelles méthodes et techniques de production.

De surcroît, la densification de ces flux commerciaux permet 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.*, 1991a]. « *L'importation de technologies étrangères (...) [constitue] un instrument important de rattrapage économique pour les pays émergents. Le recours aux technologies étrangères permet d'économiser les ressources internes (tant que le coût des importations est inférieur au coût de la R&D interne) et permet de "sauter" des étapes de développement en acquérant les technologies avancées qui améliorent la productivité* » [Lemoine *et al.*, 2003, p.21]. L'opérationnalité de la diffusion technologique repose alors sur les capacités d'absorption des pays récipiendaires, lesquelles sont illustrées par leurs niveaux domestiques de capital humain, les activités de R&D ou encore leurs dotations capitalistiques [Fagerberg, 1994 ; Hu *et al.*, 2005 ; Kneller, 2005 ; Nurbel *et al.*, 2008] (cette question des pré-requis technologiques sera examinée plus en détail dans le deuxième chapitre de la thèse).

Différentes recherches ont tenté d'évaluer empiriquement les transferts de technologies via le commerce de biens et de services et leur résultats nous permettent de préciser quels sont les canaux de transfert [Coe *et al.* 1995 ; Johnstone, 1997 ; Coe *et al.*, 1997 ; Hakura *et al.*, 1999 ; Keller, 2004 ; Hoekman *et al.*, 2005 ; Fisher-Vanden *et al.*, 2006 ; Lovely *et al.*, 2010]. Etant donné le peu d'études empiriques qui se focalisent sur la diffusion de technologies environnementales, l'analyse de ces travaux nous permet de déterminer des canaux de transfert de technologies dans leur ensemble dont l'importance entre le Japon et la Chine mettra en évidence une probabilité élevée de diffusion de technologies (environnementales).

Les travaux de Keller (2004) ont démontré que les importations de biens intermédiaires, de consommation et d'équipement constituent des réseaux de diffusion technologique. Bien que n'important pas la technologie elle-même mais le bien manufacturé l'incorporant, un PED peut acquérir ainsi les savoir-faire relatifs à ce bien en prenant en charge les opérations de maintenance et de réparation. Plus précisément, les importations de biens intermédiaires sont

un canal important de transferts de technologies [Coe *et al.*, 1995 ; 1997]. Le PED incorpore ces biens dans son processus de production et utilise donc « implicitement » les technologies intégrées dans les produits étrangers importés, mais l'efficacité de la diffusion technologique dépendra fortement de ses capacités internes d'assimilation, de reproduction et de diffusion [MacDonald, 1992 ; Lemoine *et al.*, 2003 ; Nurbel *et al.*, 2008].

Hakura et Jaumotte (1999) se sont également focalisés sur la détermination du type de commerce – commerce interindustriel *versus* intra-industriel – qui serait le plus favorable à une diffusion technologique. Ces auteurs ont montré, 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 constitue un vecteur plus important de diffusion technologique que le commerce interindustriel. Ce dernier résultat a été repris par l'OCDE (2005a), soulignant que le commerce intra-industriel joue un rôle plus important dans les transferts de technologies que le commerce interindustriel. Toutefois, ce dernier type de commerce est plus répandu entre pays industrialisés et PED ; l'OCDE conclu alors que les PED connaissent relativement moins de transferts de technologies depuis le commerce que les pays industrialisés.

Toutefois, cette affirmation peut être relativisée lorsque l'étude se concentre sur le 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 renforcent alors le potentiel de transferts de technologies (pour une précision du différentiel de développement entre le Japon et la Chine illustré par leurs indicateurs respectifs de développement humain *Cf.* Encadré I.1). De plus, la densité du commerce augmentant avec la proximité géographique, cet effet distance tend à doper la diffusion technologique entre la Chine et le Japon.

Encadré I.1. L'Indicateur de Développement Humain 2011 (IDH) : un différentiel de développement entre le Japon et la Chine			
	Chine	Japon	Etats-Unis
Indicateur de développement humain	0.687	0.901	0.910
Santé – index de la santé	0.843	1.000	0.923
- Espérance de vie à la naissance (en années)	73.5	83.4	78.5
- Dépenses en santé (en % du PIB)	1.9	6.5	7.1
- Taux de mortalité chez les moins de cinq ans (pour 1000 naissances vivantes)	19	3	8
Education – index d'éducation	0.623	0.883	0.939
- Dépenses en éducation (en % du PIB)	2.5	3.5	5.5
- Durée attendue de scolarisation (en années)	11.6	15.1	16.0
- Durée moyenne de scolarisation (en années)	7.5	11.6	12.4
- Taux brut de scolarisation (%)	68.7	88.1	93.5
Revenu – indice de revenu	0.618	0.827	0.869
- PIB par habitant (\$ constants de 2005)	6.200	29.692	41.761
- Revenu national brut (RNB) par habitant (\$ constants de 2005)	7.476	32.295	43.017

Notes : Pour une précision de cet écart de développement entre le Japon et la Chine et de leurs dotations factorielles respectives, voir l'Annexe 1.

Source : D'après Programme des Nations-unies pour le Développement (PNUD), 2011, *Rapport sur le développement humain. Durabilité et équité : un meilleur avenir pour tous*, Programme des Nations-unies pour le Développement, disponible à l'adresse <http://www.beta.undp.org/content/undp/fr/home/librarypage/hdr/human_developmentreport2011.html>

A ce propos, se focalisant sur l'économie chinoise, Lovely et Dean (2010) ont montré 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 en faveur de biens exportés plus propres, et d'autre part, à un changement des méthodes de production en faveur de processus de production 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 sont responsables de cette baisse de l'intensité polluante du commerce extérieur. Fisher-Vanden *et al.* (2006), en étudiant les déterminants de l'amélioration de l'efficacité énergétique des entreprises chinoises, ont attribué également ces gains d'efficacité d'abord aux modifications des prix, et ensuite aux changements technologiques.

Les transferts de technologies peuvent également être intégrés au commerce de services, par le biais de l'importation de services de consulting ou de formation ayant un impact positif sur l'efficacité productive et environnementale du processus de production [Johnstone, 1997]. L'Encadré I.2 donne différents exemples de diffusion technologique intégrée aux importations

de biens et de services depuis les pays industrialisés. Il apparaît alors que la dimension politique du processus de diffusion technologique ne doit pas être oubliée, les transferts de technologies pouvant être initiés grâce à quatre instruments : *i.* les politiques incitatives réduisant les barrières tarifaires et non tarifaires aux échanges, *ii.* la mise en place de programmes de formation dans les PED quant à l'apprentissage et l'utilisation des nouvelles technologies, *iii.* le financement de services d'assistance technique et *iv.* la diffusion de résultats d'activités de recherche et développement [OCDE, 2005a].

Encadré I.2 Modes de transferts de technologies au travers du commerce		
Mode	Importations de biens	Importations de services
Transfert de techniques de production	Amélioration des compétences techniques et d'exploitation pour augmenter l'efficacité des poêles à haut-fourneau : cours de formation pour les opérateurs en Chine ainsi qu'importations de biens d'équipement depuis le Japon. Le procédé peut être adapté aux fours existants avec une formation adéquate et un accès aux biens d'équipement	Un programme du <i>Global Environmental Fund</i> a financé des plans de formation dans les pays en développement pour améliorer l'efficacité de l'éclairage.
Transfert de plans et de modèles	Le ministère de l'Environnement et des Forêts en Inde, financé en partie par les aides allemandes et suisses, a acheté les biens d'équipement pour produire des réfrigérateurs respectant la couche d'ozone sous le projet Ecofrig. L'équipement a été exempté de tous droits de douane et de taxes.	Grâce à des politiques de financement favorables, Totalgaz a exporté des bouteilles de 6 kg de butane et des poêles au Sénégal, où cela permettrait de réduire la déforestation et l'utilisation du charbon de bois. Les poêles ont été désignés pour la satisfaction des besoins locaux dans le cadre d'échanges de services entre les ingénieurs étrangers de Total et les fournisseurs locaux, tout en soutenant le marché de Total.
Transfert d'info. techniques	En Inde, des incitations fiscales ont été fournies pour favoriser les importations de biens d'équipement pour l'exploitation de l'énergie éolienne, et les droits de douane sur les importations de turbines éoliennes ont été levés. Ces importations ont permis la création de partenariats <i>joint-venture</i> entre les fabricants étrangers et locaux, et la fourniture d'informations techniques relatives à la maintenance des turbines produites localement et importées.	Le gouvernement suédois a fourni des financements pour des services d'assistance technique pour les entreprises de provision de chaleur dans la région Baltique, ces dernières cherchant à externaliser la fourniture domestique de biocarburants. L'assistance technique inclut la formation des entreprises sur la façon d'évaluer les soumissions, de négocier les contrats d'approvisionnement de biocarburants et d'exploiter les chaudières converties.
Partage des résultats de recherche	Le programme Commission européenne-ASEAN COGEN réunit les secteurs industriels des pays d'Asie du Sud-Est et les fournisseurs européens d'équipements de cogénération pour promouvoir les avantages de cette production simultanée d'électricité et de chaleur. COGEN a contribué à faire avancer le projet de cogénération Chia Meng Rice Mill en Thaïlande. COGEN a mis en relation les acheteurs et les vendeurs de technologies de cogénération. Dans le cas de l'usine thaïlandaise, des démonstrations ont été réalisées pour montrer la fiabilité technique du matériel importé.	Le Japon a entrepris des recherches sur la fibre de bambou dans la plaque de ciment armé, comme substitut aux minéraux et aux fibres synthétiques avec des fibres naturelles. La recherche initiale a été effectuée par des techniciens japonais à Java, choisie pour sa proximité avec les sources de bambou. A travers l'achat de services de technologie, les entreprises indonésiennes ont "peaufiné" la technologie et l'ont transférée aux forêts de bambous en Colombie. Les deux pays exportent depuis la technologie.

Source: D'après OCDE, 2005a, *Achieving the successful transfer of environmentally sound technologies: trade related aspects*, OCDE Trade and Environment Working Paper, N°02, OCDE, Paris, p. 11.

Plus précisément, les travaux établissant une relation positive entre les transferts de technologies vertes et les régulations environnementales domestiques sont nombreux, les importations de biens d'équipement réduisant les nuisances environnementales étant fortement corrélées avec la présence de régulations environnementales strictes [Lanjouw *et al.*, 1996 ; pour une étude du lien entre la politique environnementale et les innovations vertes

voir Jaffe *et al.*, 1997 ; Popp, 2002 ou encore Brunnermeier *et al.*, 2003]. De plus, les relations entre les régulations et la diffusion technologique sont doubles : Popp (2008) a analysé les liens entre l'avancée technologique et les régulations environnementales et a démontré qu'un meilleur accès des PED aux technologies grâce au commerce international augmente leur probabilité d'adopter des régulations environnementales contraignantes. Cet auteur conclut alors que les PED adoptent des standards de qualité de l'air plus tôt que ne l'avaient fait les PID au même stade de développement, bénéficiant de retombées technologiques liées aux innovations induites par l'instauration des réglementations dans les pays industrialisés²³.

En somme, deux types d'effets du commerce international ressortent de la littérature : d'une part, l'augmentation du commerce induisant un accroissement de l'activité économique, l'intensification des flux peut conduire à une augmentation de la pollution dans les PED (effet d'échelle du commerce international mis en évidence par Grossman *et al.* (1993) ou encore Copeland *et al.* (1994)). D'autre part, les flux internationaux de biens et services peuvent conduire à une modification des techniques de production dans les PED et ainsi être profitables à la qualité de l'environnement (effet technique ou technologique du commerce international). La thèse se situe précisément dans cette seconde catégorie, admettant une corrélation positive entre le commerce international et la qualité de l'environnement étant donnée la présence d'un effet technique, ou technologique, au commerce international [Grossman *et al.*, 1993 ; Copeland *et al.*, 1994 ; OCDE, 2008a]. 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].

Des pays avec un écart de développement significatif, proches géographiquement et connaissant des échanges bilatéraux denses ont alors une probabilité plus élevée de diffusion de technologies. Les études empiriques présentées plus haut ont démontré que le commerce intra-branche, les échanges de biens intermédiaires, d'équipement et de haute technologie sont des canaux de transfert de technologies. De ce fait, étant donné que nous ne pouvons à ce stade de l'analyse centraliser la réflexion sur les technologies vertes, ces flux depuis le Japon vers la Chine sont étudiés afin de déterminer l'ampleur de ces canaux de diffusion technologique.

²³ Pour une revue de littérature détaillée sur les liens entre les politiques environnementales et les innovations vertes, Cf. Section 2 du Chapitre 2.

1.2. Importance du commerce intra-branche et des échanges de biens intermédiaires, d'équipement et de haute technologie comme indicateurs de la diffusion technologique

Les arguments énoncés ci-dessus montrent l'importance du commerce intra-branche et des échanges de biens intermédiaires, d'équipement et de produits de haute technologie comme vecteurs de technologies. Afin de déterminer l'importance de ces indicateurs de transferts, cette partie a pour objectif d'analyser empiriquement ces quatre canaux de diffusion mis en évidence dans la littérature [Coe *et al.*, 1995 ; Coe *et al.*, 1997 ; Hakura *et al.*, 1999 ; Keller, 2004 ; Hoekman *et al.*, 2005]. L'analyse de ces flux est conduite en quatre étapes.

- D'abord, l'analyse de la densité des échanges de **biens intermédiaires** entre ces deux pays ainsi que la place de la Chine dans la division internationale des processus productifs montre une probabilité chinoise élevée d'acquisition d'*inputs* contenant des technologies étrangères, et ainsi d'utilisation « implicite » de ces technologies novatrices dans ses processus productifs.
- Ensuite, la quantification des importations chinoises de **biens d'équipement** depuis le Japon et le reste du monde permet d'appréhender ses acquisitions de processus novateurs qui ne sont pas produits sur le territoire national.
- De plus, l'évolution de la balance commerciale chinoise dans les produits de **haute technologie** témoigne d'une montée en gamme de ses exportations liée à l'acquisition de technologies étrangères.
- Enfin, l'importance du **commerce intra-branche** entre le Japon et la Chine est un facteur supplémentaire facilitant la diffusion technologique entre ces deux économies.

Les relations économiques sino-japonaises témoignent de la complémentarité de leur spécialisation productive : le Japon possède de fortes dotations en facteur capital relativement au facteur travail, et est spécialisé dans des productions à forte intensité capitaliste [Meyer, 2010]. La Chine connaît, par contre, une spécialisation inverse du fait de ses fortes dotations en facteur travail relativement au capital, même si cette spécialisation évolue depuis les dix dernières années [Cf. Annexe 1 ; Lemoine *et al.*, 2002a]. Les échanges entre le Japon et la

Chine se sont accélérés depuis les années 1990, fondés sur de fortes complémentarités le long de leurs chaînes de production : le Japon est spécialisé sur les stades amonts de production qui requièrent équipements et investissements (pièces et composants) ; alors que la Chine se positionne sur les stades avals plutôt intensifs en main-d'œuvre (assemblage) [Lemoine, 2007]. Les relations économiques entre ces deux pays sont alors caractérisées par l'importance du commerce intra-branche et des échanges de composants et produits intermédiaires (particulièrement dans la filière de l'électronique). Les entreprises chinoises importent des composants, les assemblent pour réexporter les produits finis. Comme le souligne Meyer (2010), « *le Japon exporte vers la Chine des biens à fort contenu technologique tels que machines-outils, composants électroniques, etc. et importe des produits de moindre valeur ajoutée, comme les textiles, produits agricoles, électronique grand public, etc.*²⁴. *La complémentarité des échanges entre les deux pays s'explique (...) par le jeu de leurs avantages comparatifs dans une configuration presque idéale : avance technologique d'un côté, coût de la main-d'œuvre de l'autre* » [Meyer, 2010, pp.144-145]. Dans ce sens, les produits « *made in China* » contiennent des parts de produits « *made in Japan* » : un million de dollars d'augmentation des exportations chinoises nécessitant plus de 500 000 dollars d'importations supplémentaires de matériel intermédiaire [Kwan, 2004].

- **Echanges de biens intermédiaires**

Le commerce mondial de biens intermédiaires a progressé de 10% en moyenne par an entre 1967 et 2009²⁵, tiré majoritairement par la participation aux échanges des pays émergents²⁶ et des BRIC (Brésil, Russie, Inde, Chine), groupes de pays où les exportations de ces biens semi-finis et composants ont progressé respectivement au rythme annuel de 14.8% et 15.5% entre ces dates (les exportations des pays émergents et des BRIC représentaient 23.09% des exportations mondiales de biens intermédiaires en 2009). Les importations

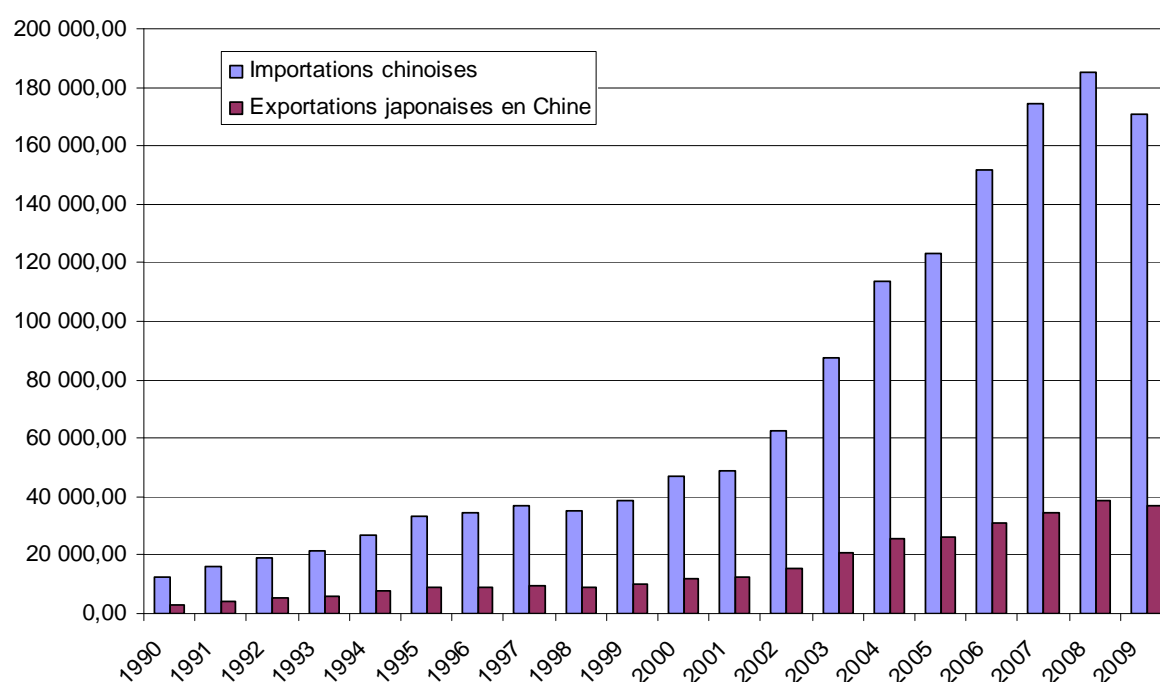
²⁴ « *Dans le cas des produits technologiques, la plupart sont seulement assemblés en Chine à partir de composants importés ; la valeur ajoutée dégagée en Chine et donc faible* » [Meyer, 2010, p.145, note 30].

²⁵ Les données sur les échanges de biens intermédiaires sont issues de la base Chelem du CEPII, disponible à l'adresse < <http://www.cepii.fr/francgraph/bdd/chelem.htm>>. Pour une liste détaillée des données utilisées dans cette section, consulter l'Annexe 2 sur les échanges internationaux de biens intermédiaires et de biens d'équipement.

²⁶ La classification « pays émergents » selon le CEPII désigne : la Turquie, l'Union Sud-Africaine (Afrique du Sud, Botswana, Lesotho, Namibie, Swaziland), l'Equateur, le Mexique, l'Argentine, le Chili, la Colombie, la Tunisie, l'Egypte, l'Indonésie, les Nouveaux Pays Industrialisés (NPI) d'Asie 2 (Malaisie, Philippines, Thaïlande), Brunei Darussalam, le Bangladesh, le Sri Lanka, le Vietnam et le Cambodge/Laos [De Saint Vaulry, 2008].

chinoises de biens intermédiaires ont augmenté de 16% en moyenne par an entre 1967 et 2009, représentant 8.6% du commerce international de ce type de biens en 2009. Le Japon est son premier fournisseur, étant à l'origine de 21.5% des importations chinoises de biens intermédiaires à cette date (Cf. Graphique I.1).

Graphique I.1. Importations chinoises de biens intermédiaires globales et depuis le Japon entre 1990 et 2009 (en millions de dollars)



Note : Sont classés par le CEPII comme appartenant à la catégorie des biens intermédiaires les produits relevant des classifications : première transformation du fer, fils et tissus, ouvrages en bois, papier, ouvrages métalliques, moteurs, composants électroniques, éléments de véhicules automobiles, engrais, peintures, plastiques, et, articles en caoutchouc.

Source : Base de données Chelem du CEPII

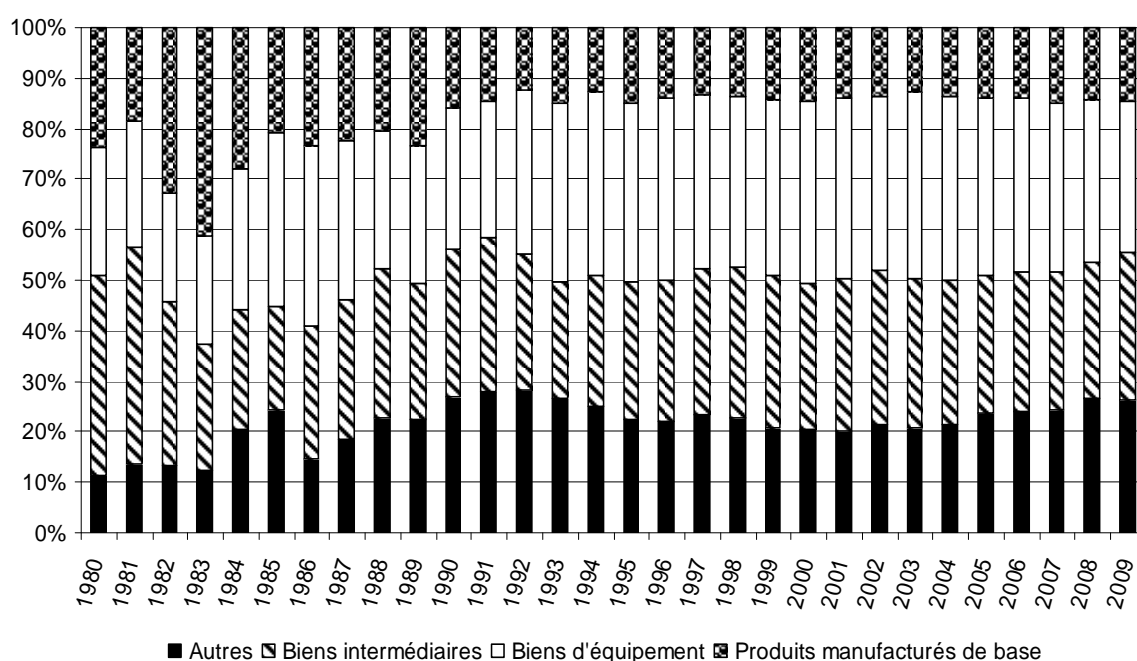
Plus précisément, en 2009, 30% des importations chinoises totales depuis le Japon avaient pour but l'assemblage sur le sol, reflétant la participation de la Chine à la division internationale des processus productifs [Gaulier *et al.*, 2006]. Les échanges de composants et produits semi-finis peuvent ainsi être vecteurs de diffusion technologique entre les deux pays, les firmes chinoises s'appropriant le contenu technologique de ces biens. Les travaux de Gaulier *et al.* (2006) montrent que les exportations de composants vers la Chine ne représentaient que 4% des exportations japonaises de ce type de produits en 1993, pour atteindre près de 15% en 2003, soit une multiplication par 2.75 en dix ans. Les exportations nippones de biens semi-finis vers la Chine ont quant à elles presque doublé sur la période,

cette destination représentant 10.5% des exportations japonaises de produits semi-finis en 1993 et près de 20% en 2003. Toutefois, la Chine ne demeure pas la destination prioritaire des exportations japonaises de produits semi-finis et de composants, l'importance de la part des exportations dirigées vers les NPI asiatiques témoignant de la division régionale du travail impulsée par les entreprises nippones²⁷ [Dourille-Feer, 1998 ; Hoyrup *et al.*, 2004 ; France, 2005].

Le Graphique I.2 présente la structure des importations chinoises en provenance du Japon entre 1980 et 2009.

²⁷ Comme le souligne France (2005) « *la division régionale du travail est très marquée en Asie (...). Cette DRT [division régionale du travail] est sans doute l'élément moteur et spécifique de la régionalisation en Asie. Elle s'inscrit à la fois dans une dimension verticale (décomposition intra-asiatique des processus de production, qui passe principalement par le recours à la sous-traitance) et dans une dimension horizontale de spécialisation par branches ou types de produits. Il faut souligner que l'inégalité dans les niveaux de développement en Asie permet une spécialisation poussée et hiérarchisée* » [France, 2005, p.2].

Graphique I.2. Structure des importations chinoises depuis le Japon (1980-2009)



Notes : Sont classés par le CEPII comme appartenant à la catégorie des « biens intermédiaires » les produits relevant des classifications : première transformation du fer, fils et tissus, ouvrages en bois, papier, ouvrages métalliques, moteurs, composants électroniques, éléments de véhicules automobiles, engrais, peintures, plastiques, et, articles en caoutchouc. Sont classés comme appartenant à la catégorie « biens d'équipement » les produits relevant des classifications : matériel agricole, machines-outils, matériel bâtiment travaux-publics, machines spécialisées, armement, instruments de mesure, matériel de télécommunication, matériel informatique, matériel électrique, véhicules utilitaires, navires, aéronautique et espace. Sont classés comme appartenant à la catégorie « produits manufacturés de base » les biens relevant des classifications : ciment, céramique, verre, fer et acier, métallurgie non ferreuse, chimie minérale de base, chimie organique, coke. Sont classés comme appartenant à la catégorie « autres » les biens classés dans les rubriques biens de consommation, produits primaires et produits mixtes.

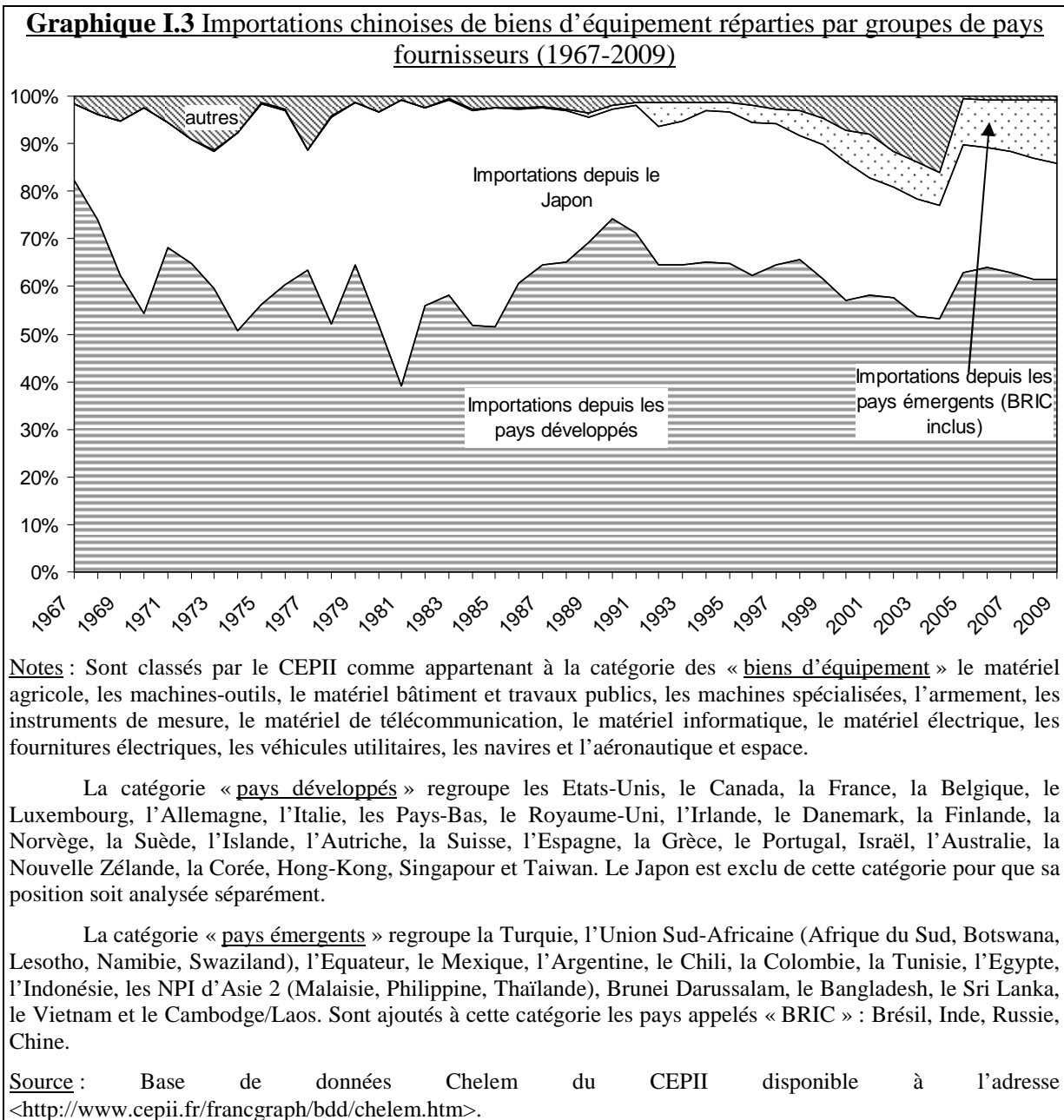
Source : Base de données Chelem du CEPII disponible à l'adresse <<http://www.cepii.fr/francgraph/bdd/chelem.htm>>.

A la vue de ce Graphique, il apparaît que les biens intermédiaires et les biens d'équipement représentent la majeure partie des importations totales chinoises et des flux depuis le Japon, atteignant dans ce dernier cas respectivement 30% des importations chinoises depuis le territoire nippon en 2009. Plus précisément, ce sont les composants électroniques qui représentent la part la plus importante des importations chinoises totales et depuis le Japon de biens intermédiaires, atteignant respectivement 44.6% et 32.8% de ces flux en 2009.

- **Echanges de biens d'équipement**

Les importations de biens d'équipement constituent également un canal significatif de transfert de technologies. Par le biais de ses importations de machines plus performantes d'un

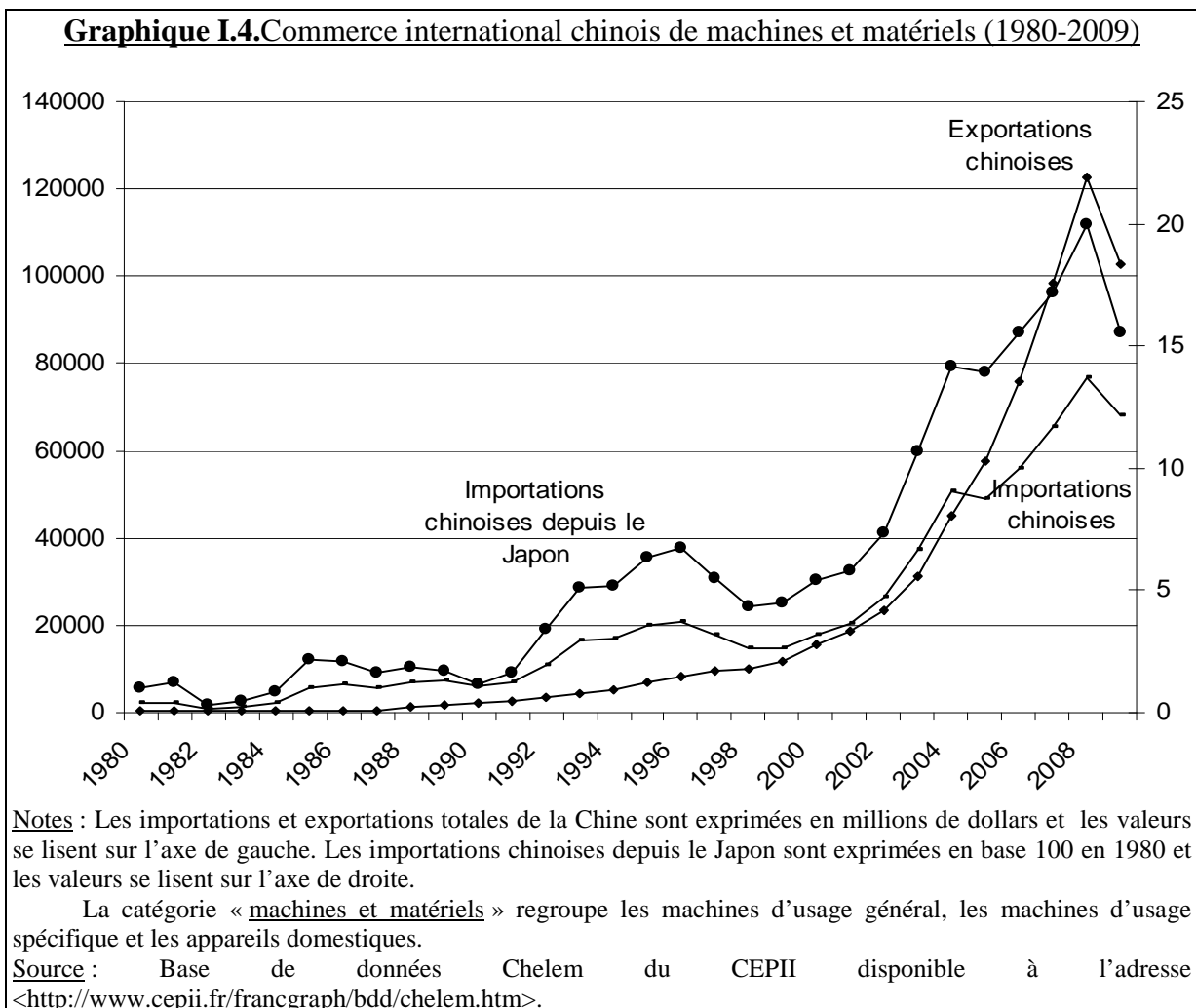
point de vue environnemental et/ou productif, un pays peut assimiler le contenu technologique de ces biens et ainsi bénéficier des améliorations techniques résultant de leur application [GIEC, 2000 ; Maskus, 2004]. Le Graphique I.3 présente les importations chinoises de biens d'équipement réparties par groupes de pays fournisseurs.



Il apparaît alors que la Chine est un importateur mais aussi un exportateur majeur de biens d'équipement : ses exportations ont représenté 18% des exportations mondiales en 2009, et ses importations se sont élevées à 154 milliards de dollars à cette date représentant

7% des importations mondiales. Les importations chinoises de biens d'équipement ont connu une croissance de 17.4% en moyenne par an entre 1967 et 2009, et les pays développés ont fourni plus de 86% de ces importations en 2009. Les importations en provenance du Japon à lui seul représentaient 24% des importations chinoises de biens d'équipement cette même année.

A partir de 1998 la balance commerciale chinoise est devenue excédentaire, cette évolution pouvant être attribuée à sa participation à la division internationale des processus productifs et à la présence d'entreprises étrangères sur son territoire, mais aussi à la remontée en gamme technologique des entreprises domestiques [Lemoine *et al.*, 2002b ; 2007 ; Lemoine, 2006a]. Ainsi, grâce aux importations de ces équipements, les firmes chinoises ont eu la possibilité d'acquérir les technologies incorporées dans ces biens et d'améliorer l'efficacité de leurs processus productifs. Le Graphique I.4 présente les échanges d'une catégorie particulière de biens d'équipement, les machines et matériels.

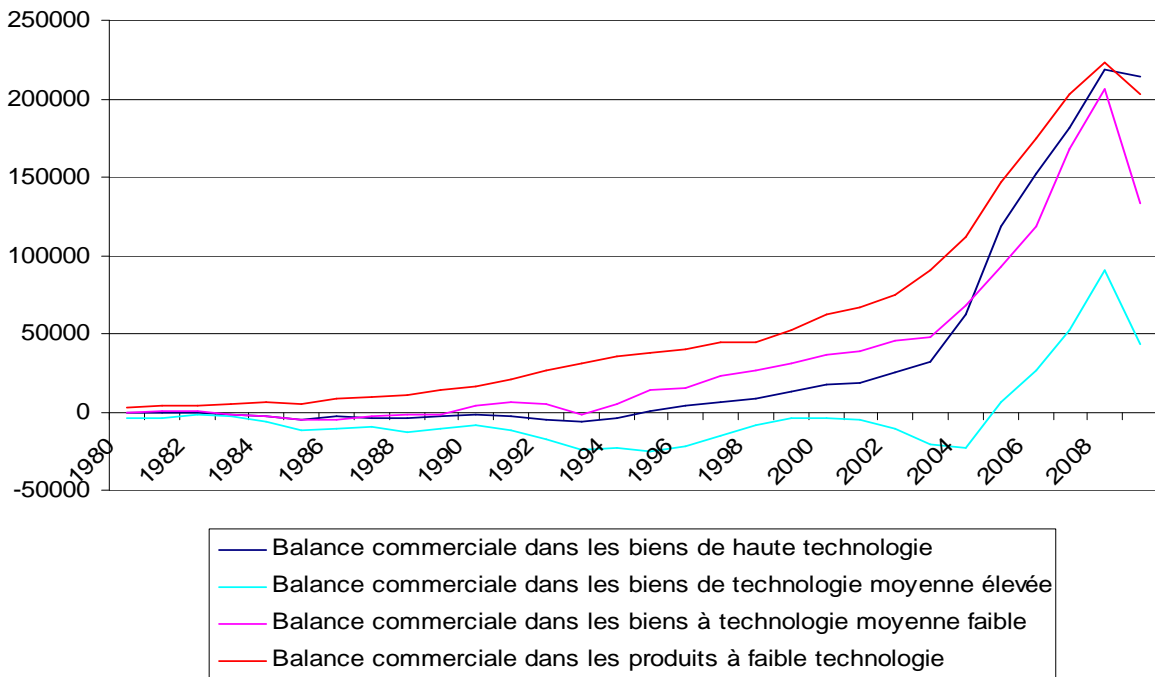


A la vue de ces données, il apparaît que la balance commerciale chinoise dans les machines et matériels est devenue excédentaire plus tardivement, à partir de 2005 : les firmes domestiques ne sont alors pas restées importatrices nettes mais produisent sur leur territoire ces biens d'équipement et les exportent sur les marchés mondiaux.

- **Echanges de biens de haute technologie**

La participation de la Chine aux échanges de biens de haute technologie témoigne également de l'acquisition des technologies incorporées, sachant que le Japon est une fois de plus le premier fournisseur de la Chine (en 2009 ce pays fournissait 24% des importations chinoises de biens à technologie moyennement élevée et 17% des importations de biens de haute technologie). Comme le souligne le rapport du Conseil d'Analyse Economique (CAE), « *la Chine applique clairement le principe de substitution des importations par la maîtrise progressive des technologies initialement importées en s'appuyant sur sa compétitivité-prix* » [Artus *et al.*, 2011, p.48]. Cette dynamique d'évolution technologique peut être similairement observée par l'analyse des balances commerciales chinoises selon le niveau technologique des produits (*Cf.* Graphique I.5).

Graphique I.5. Balances commerciales chinoises selon le niveau technologique des biens



Notes : Sont regroupés dans la catégorie « produits à faible technologie » les groupes bois, papier, carton, édition ; textile, habillement, cuir, chaussures ; ainsi que le groupe produits alimentaires, boissons, tabacs. Sont regroupés dans la catégorie « produits à technologie moyennement faible » les groupes coke, dérivés pétrole, nucléaire ; articles en caoutchouc et en matières plastiques ; autres produits minéraux et non métalliques ; navires et bateaux ; produits métallurgiques de base ; ouvrages en métaux sauf machines. Sont regroupés dans la catégorie « produits à technologie moyennement élevée » les groupes équipements et appareils électriques n.c.a. ; véhicules à moteur, remorques ; produits chimiques (sauf pharmacie) ; autres matériels ferroviaires et de transport ; machines n.c.a. Sont regroupés dans la catégorie « produits de haute technologie » les groupes aéronautique et espace ; pharmacie ; matériel informatique ; radio TV et matériel de communication ; instruments médicaux et de précision, optique, horlogerie.

Source : Base de données Chelem du CEPII disponible à l'adresse <<http://www.cepii.fr/francgraph/bdd/chelem.htm>>.

A la vue de ces données, il apparaît que l'économie chinoise connaît une balance commerciale excédentaire dans le commerce de biens à faible niveau technologique et de biens à technologie moyennement faible depuis le milieu des années 1980. Toutefois, les exportations chinoises de biens de haute technologie (et moyennement haute) se sont accélérées à partir du milieu des années 1990, similairement à une dynamique de ralentissement des importations de ces types de produits.

De fait, les balances commerciales chinoises dans le commerce de biens de haute technologie et de technologie moyennement élevée sont respectivement devenues excédentaires en 1995 et 2005, témoignant d'une évolution de sa place dans l'économie

mondiale, se positionnant sur des créneaux de production à forte valeur ajoutée²⁸ [Lemoine, 2006a]. Bien que la dynamique de transferts de technologies supportés par les flux commerciaux soit difficile à appréhender quantitativement, cette montée en gamme de l'économie chinoise parallèlement à son insertion dans les échanges mondiaux peut s'expliquer par la présence des firmes étrangères sur son territoire [Meyer, 2010], mais aussi par l'appropriation des technologies importées. Il est intéressant de souligner que les firmes chinoises se sont positionnées plus tôt sur les marchés mondiaux pour des biens de haute technologie tels que l'optique ou l'aéronautique que pour des biens à technologie moyennement élevée tels que les produits chimiques. Cette situation peut s'expliquer avant tout par l'intégration dans ce premier groupe des matériels informatiques, produits dont les processus productifs ont été intégrés verticalement depuis les années 1980 [Levasseur, 2002]. D'après les études de Lemoine et Ünal-Kesenci [Lemoine *et al.*, 2002a ; Lemoine, 2006a], la majeure partie des produits de haute technologie importés en Chine sont des pièces et composants incorporés dans les biens finis exportés, ceci étant principalement le fait des entreprises étrangères implantées sur le territoire chinois. « *La Chine a donc des capacités d'exportation de haute technologie qui sont largement supérieures à celles d'autres pays émergents, mais ce contenu en haute technologie vient des composants high-tech importés qui y sont incorporés* » [Lemoine, 2006a, p.90]. La création de valeur ajoutée sur le territoire chinois demeure donc relativement faible et l'efficacité de cette dynamique d'acquisition de technologies grâce aux flux d'importations dépend fortement des liens contractuels et des relations économiques entre les firmes étrangères et les entreprises domestiques.

- **Commerce intra-branche**

En dernier lieu, le commerce intra-industriel est un canal de diffusion technologique plus important que le commerce interindustriel [Hakura *et al.*, 1999 ; OCDE, 2005a]. Afin d'illustrer l'importance du commerce intra-branche entre la Chine et la Japon, le coefficient de Grubel et Lloyd a été calculé pour cinq branches de produits désignés comme liés aux énergies renouvelables par l'OCDE (2005e) ; en prenant en compte les importations chinoises depuis le Japon et les exportations chinoises vers ce pays en 2009. Ce coefficient s'écrit comme suit :

²⁸ Cf. Annexe 3 sur le commerce international chinois selon le niveau technologique des biens.

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

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 ; Mucchielli *et al.*, 1988].

*Coefficients de Grubel et Lloyd pour cinq branches de produits liés aux énergies renouvelables*²⁹ :

- 8410.00 Turbines hydrauliques, roues hydrauliques et régulateurs³⁰
 $GL_{8410.00} = [1 - ((|10\ 286\ 844 - 1\ 061\ 468|) / (10\ 286\ 844 + 1\ 061\ 468))] \times 100 = \mathbf{18.70}$
- 8413.00 Pompes pour liquides (appartiennent à cette branche les pompes éoliennes (SH 8413.81))
 $GL_{8413.00} = [1 - ((|190\ 145\ 958 - 820\ 749\ 918|) / (190\ 145\ 985 + 820\ 749\ 918))] \times 100 = \mathbf{37.61}$
- 8419.00 Machines non intérieures de chauffage ou de refroidissement (appartiennent à cette branche les chauffe-eaux non électriques et les chauffe-eaux solaires (8419.19))
 $GL_{8419.00} = [1 - ((|10\ 286\ 844 - 1\ 061\ 468|) / (10\ 286\ 844 + 1\ 061\ 468))] \times 100 = \mathbf{48.85}$
- 8502.00 Groupes électrogènes et convertisseurs rotatifs (appartiennent à cette catégorie les groupes électrogènes à énergie éolienne (SH 8502.31))
 $GL_{8502.00} = [1 - ((|7\ 860\ 233 - 287\ 920\ 718|) / (7\ 860\ 233 + 287\ 920\ 718))] \times 100 = \mathbf{5.31}$
- 8541.00 Diodes, transistors, semi-conducteurs (appartiennent à cette catégorie les dispositifs photosensibles à semi-conducteurs dont les cellules photovoltaïques (SH 8541.40))
 $GL_{8541.00} = [1 - ((|706\ 584\ 400 - 3\ 214\ 477\ 271|) / (706\ 584\ 400 + 3\ 214\ 477\ 271))] \times 100 = \mathbf{39.04}$

Dès lors, une partie non négligeable du commerce de biens liés aux énergies renouvelables (éolien, solaire, hydraulique) entre le Chine et le Japon est de nature intra-branche : les coefficients de Grubel et Lloyd calculés pour cinq branches correspondant à des produits liés à l'exploitation de sources d'énergie renouvelables (éolien, hydraulique, photovoltaïque, solaire thermique) s'établissant à 18.7 pour les turbines hydrauliques, 37.61 pour les pompes éoliennes, ou encore 39.04 pour les dispositifs photosensibles à semi-conducteur, dont les cellules photovoltaïques. Le commerce intra-branche entre le Japon et la Chine est le plus élevé pour les machineries de chauffage ou de refroidissement (dont les chauffe-eaux solaires), le coefficient de Grubel et Lloyd s'établissant au niveau de 48.85.

²⁹ D'après la base de données ComTrade disponible à l'adresse : <<http://comtrade.un.org/>>

³⁰ La branche 8410.00 comprend le code 8410.11 désignant les turbines hydrauliques et les roues hydrauliques inférieures à 1000 kW ; le code 8410.12 désignant ces mêmes équipements pour une capacité comprise entre 1000 et 10 000 kW, le code 8410.13 pour une capacité supérieure à 10 000 kW ainsi que le code 8410.90 désignant les composants des turbines et roues hydrauliques

L'importance du commerce intra-branche dans les biens permettant d'améliorer l'efficacité énergétique ou de réduire les nuisances environnementales indique alors un degré important de diffusion technologique entre les deux pays.

Les entreprises étrangères participent activement à la montée en gamme de l'économie chinoise. Ces dernières sont à l'origine de 47.9% des exportations chinoises en 2000, contre seulement 1% en 1980. Les entreprises manufacturières japonaises emploient 567 000 personnes en Chine et ne comptent que pour un dixième de la production de toutes les entreprises étrangères (incluant Hong-Kong et Taiwan). La faiblesse de cette part peut être expliquée par le fait que le Japon a commencé à investir en Chine plus tard que dans les autres pays d'Asie de l'Est [Humber, 2005].

Lorsque les entreprises japonaises investissent à l'étranger, elles montrent une propension élevée à se regrouper sur certains sites, comme c'est le cas en Chine à Shanghai, afin de bénéficier d'effets d'agglomération. Ces externalités positives engendrées par la proximité géographique des firmes favorisent alors la création de réseaux interpersonnels et la diffusion technologique. Comme le souligne Kyoji (2004), *« quand les firmes dans une industrie se regroupent dans une région, la productivité de cette région augmente du fait des économies de coûts de transport, de la facilitation de la communication, et du développement d'un marché du travail avec des travailleurs qui ont des compétences particulières nécessaires à cette industrie. Dans les clusters d'entreprises japonaises d'équipements, il peut être possible de réaliser des bénéfices d'agglomération significatifs en coordonnant les achats de pièces et les activités de recherche et développement »* [Kyoji, 2004, p.104]. Cette concentration des entreprises étrangères est également expliquée par les politiques fiscales et douanières chinoises en faveur de zones géographiques particulières (ce point sera traité plus en détail dans la première section du Chapitre 2). Notons de plus que les investissements dirigés vers les industries manufacturières des PED sont réalisés majoritairement par des firmes transnationales (FTN) dont les sièges sociaux se situent dans les PID, ces dernières choisissant souvent des réglementations environnementales plus contraignantes que celles en vigueur dans le pays d'accueil. Ces filiales préfèrent donc adopter les mêmes réglementations que dans leur pays d'origine et dans les marchés de destination des exportations, sachant qu'il serait plus coûteux de changer de normes de production [Worrell et al., 2001].

Cette section avait pour objectif de mettre en évidence les principaux canaux de transfert de technologies supportés par les flux commerciaux, les technologies environnementales n'étant pas distinguées dans cette section des autres types de technologies novatrices. Il apparaît au terme de cette partie que les flux commerciaux sont des canaux de diffusion de technologies, engendrant un effet technique, ou technologique dans le pays récipiendaire. Dès lors, la proximité géographique entre le Japon et la Chine, la présence d'entreprises japonaises sur le sol chinois et la densité des échanges sino-japonais peuvent être interprétées comme un ensemble de facteurs facilitateurs des transferts de technologies.

Quatre types de flux précis sont ressortis de la littérature comme canaux de diffusion technologique : le commerce de biens intermédiaires, d'équipements, de produits de haute technologie ainsi que les échanges de nature intra branche [Coe *et al.*, 1995 ; Coe *et al.*, 1997 ; Hakura *et al.*, 1999 ; Keller, 2004 ; Hoekman *et al.*, 2005]. L'analyse empirique de ces canaux de transfert entre le Japon et la Chine a mis en évidence trois principaux résultats.

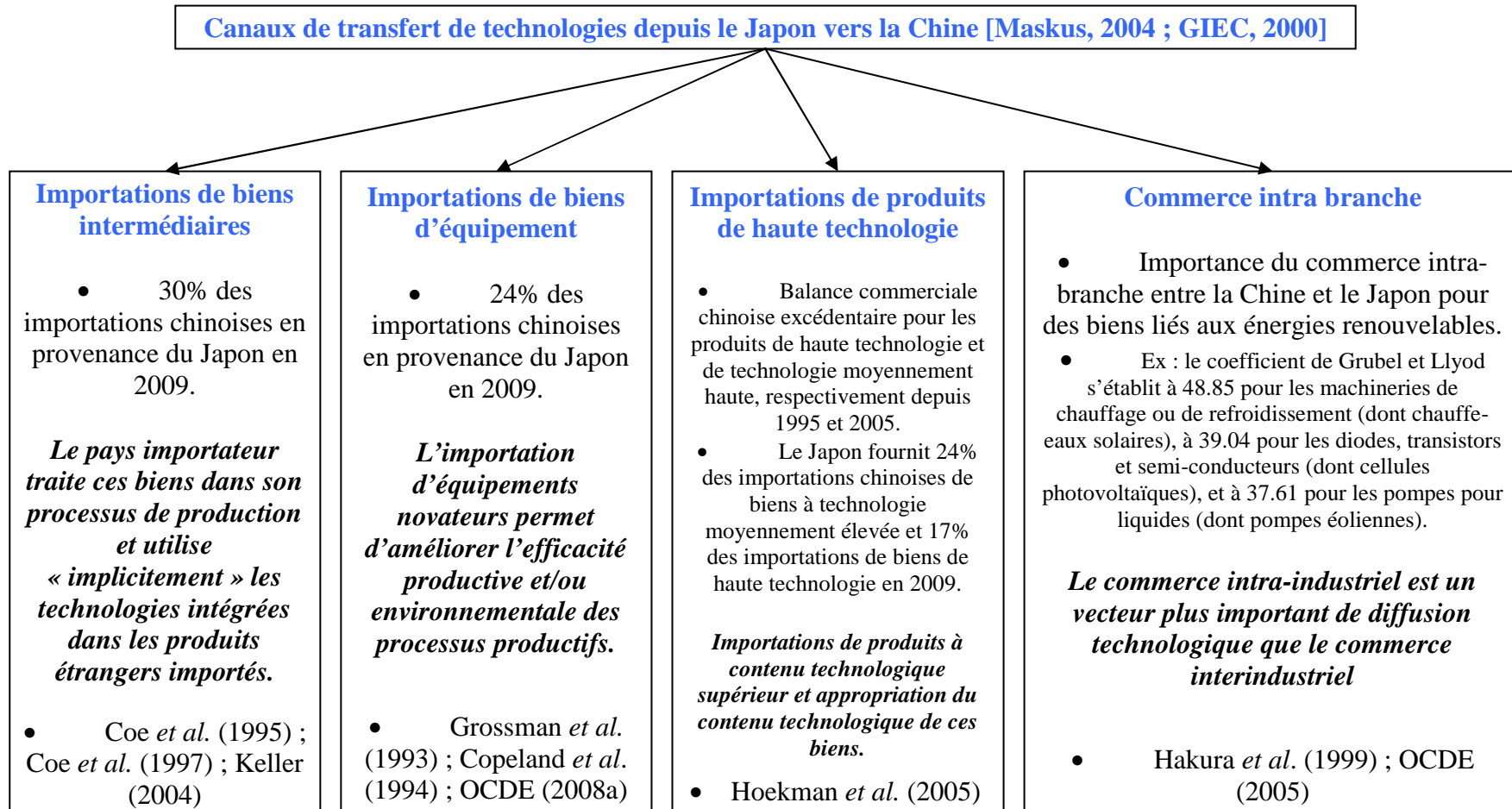
- D'abord, le Japon est un fournisseur important sur le territoire chinois : 30% de ses importations de biens intermédiaires, 24% de ses importations de biens d'équipement, 24% de ses importations de biens à technologie moyennement élevée ou encore 17% de ses importations de biens de haute technologie sont en provenance du Japon en 2009.
- Ensuite, une part significative des échanges entre ces deux pays relatifs à des technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables sont de nature intra-branche, le coefficient de Grubel et Llyod atteignant le niveau de 48.85 pour les échanges de machines de chauffage ou de refroidissement (dont les chauffe-eaux solaires) ou encore de 39.04 dans le cas des échanges de semi-conducteurs (dont les cellules photovoltaïques). L'importance du commerce intra-industriel entre ces deux pays permet alors de diffuser des technologies, lesquelles peuvent être qualifiées d'environnementales dans le cas des technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables.
- Enfin, l'économie chinoise connaît une balance commerciale excédentaire dans le commerce de produits de technologie moyennement élevée et de haute technologie (depuis respectivement 2005 et 1995) reflétant la remontée en gamme de ses industries. Les flux technologiques entrant sur le territoire chinois, même s'ils sont

partiellement le fait d'entreprises étrangères, sont alors des canaux de transfert bénéficiant également aux firmes domestiques.

Le schéma I.2 résume les principaux résultats de cette première section.

La section suivante approfondira ces résultats en se concentrant précisément sur les technologies environnementales. Pour ce faire, cette deuxième section mobilisera la liste de biens désignés par l'OCDE comme « environnementaux » et analysera les flux commerciaux qui y sont liés.

Schéma I.2. Propos d'étape de la Section 1 du Chapitre 1 – Echanges commerciaux et diffusion technologique



SECTION 2. ECHANGES DE BIENS ET SERVICES ENVIRONNEMENTAUX ET DIFFUSION TECHNOLOGIQUE

Les flux de biens (équipements, biens intermédiaires, produits de haute technologie) sont des vecteurs de technologies entrant sur le territoire chinois. Toutefois, l'identification d'une dynamique d'acquisition de technologies environnementales portée par les flux commerciaux entrant en Chine est complexe et nécessite la mobilisation d'une liste de biens dont le commerce est directement profitable à la qualité de l'environnement. Dès lors, les biens et services désignés comme « environnementaux » par l'OCDE [1999 ; 2001a ; 2005b ; 2005c ; 2005d ; 2005e ; 2006] ont pour vocation de réduire les pollutions des eaux, de l'air et des sols ; les importations de ces types de biens bénéficiant directement à la qualité de l'environnement dans le pays importateur. Les enjeux liés à la diffusion des technologies vertes vers les pays les moins développés s'insèrent alors dans une problématique plus large de libéralisation du commerce des biens et services environnementaux (2.1).

Après avoir précisé les difficultés d'identification de ces BSE et les modalités de libéralisation de ce commerce, le second temps de cette section a pour objectif d'analyser les flux de BSE entrant sur le territoire chinois. Nous retenons alors l'hypothèse selon laquelle la participation de la Chine aux échanges internationaux de biens environnementaux contribue à la création de conditions favorables à une dynamique d'acquisition de technologies vertes intégrées dans ces biens. En d'autres termes, c'est grâce à l'importation de certains biens environnementaux à forte valeur ajoutée que l'économie chinoise peut acquérir des technologies environnementales. Le renversement du solde de la balance commerciale chinoise dans certains de ces biens environnementaux témoigne alors de l'appropriation du contenu technologique de ces importations (2.2)

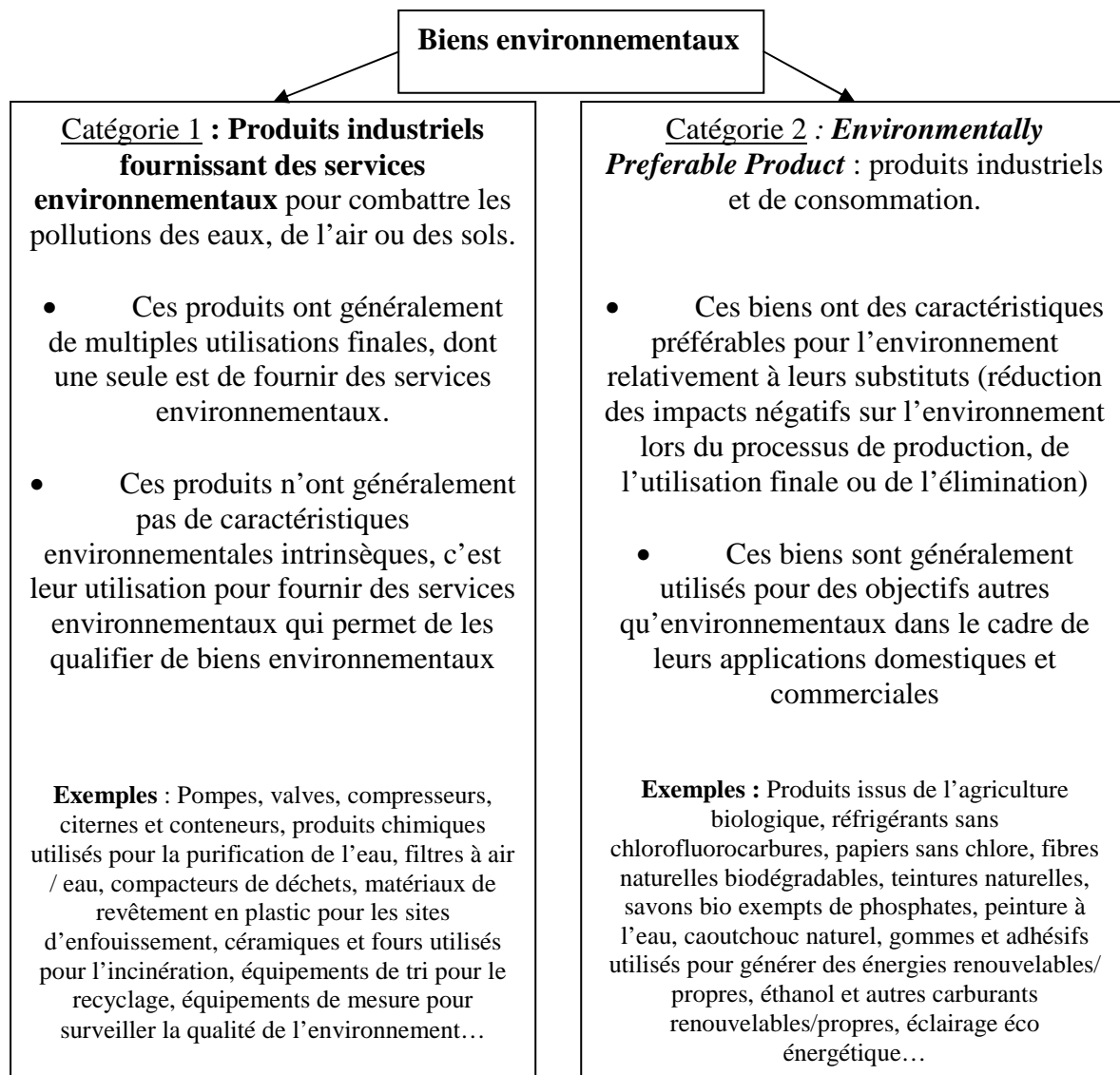
2.1. Biens et services environnementaux : définitions, différenciations et libéralisation

Les négociations commerciales sur les biens et services environnementaux ont pour objectif de faciliter le commerce de biens contribuant directement à la protection de l'environnement, et en particulier pour les PED. La libéralisation de tels biens s'intègre alors dans les réflexions sur l'effet technique du commerce international, élargissant le panels de biens disponibles pour les PED et favorisant une modification de leur structures de production

vers l'intégration de procédés plus respectueux de l'environnement. Toutefois, la mise en œuvre d'une telle libéralisation n'est pas simple, étant données les difficultés liées à l'identification des biens environnementaux qui peuvent posséder de multiples usages. Cette partie a alors pour objectif de préciser les enjeux attachés à l'élaboration de listes de biens environnementaux, en particulier pour les PED. Dès lors, cette partie ne se focalise pas précisément sur le cas chinois mais présente les différentes listes de BSE existantes et les positions tarifaires des PID et des PED, ceci afin de souligner les avantages d'un accord sur la libéralisation des biens environnementaux.

Afin de déterminer pour quels types de biens le commerce international peut être profitable pour la qualité de l'environnement, l'OCDE a élaboré une classification de produits, qualifiés de « biens et services environnementaux ». Dès lors, « *l'industrie des biens et services environnementaux comprend les activités qui produisent des biens et des services servant à mesurer, prévenir, limiter ou réduire ou au minimum corriger les atteintes à l'environnement, telles que la pollution de l'eau, de l'air et du sol, ainsi que les technologies, produits et services moins polluants qui réduisent les risques pour l'environnement, minimisent la pollution et économisent les ressources* » [OCDE, 2006, p.44]. Il n'y a pas de définition internationale stabilisée des « biens environnementaux », mais ces derniers peuvent être regroupés en deux catégories (Cf. Schéma I.3) :

Schéma I.3 Biens environnementaux et *Environmentally Preferable Products*



Source : D'après Trade and Development Board, 2003, *Environmental goods : trade statistics of developing countries*, Expert Meeting on Definitions and Dimensions of Environmental Goods and Services in Trade and Development, Genève, Suisse, 9-11 juillet, p.13.

- La première catégorie inclut les biens environnementaux visant directement à améliorer la qualité de l'environnement ou à réduire les émissions. Cette définition des biens environnementaux *stricto sensu* regroupe ainsi des matériaux, produits ou technologies dont l'utilisation permet de résoudre un problème environnemental. Par exemple, les technologies de traitement des eaux usées, de gestion des déchets solides, ou encore de contrôle de la pollution de l'air (valves, pompes, produits chimiques utilisés dans la purification de l'eau, compacteurs de déchets...) sont compris dans

cette définition étant donné que ce sont des biens employés spécifiquement dans un but environnemental.

- La seconde catégorie regroupe les biens – industriels ou de consommation – préférables d'un point de vue environnemental relativement à leurs substituts. Ces biens sont alors qualifiés d'*Environmentally Preferable Product* (EPP). La définition de cette deuxième catégorie de biens environnementaux est plus large que la première, étant donné qu'y sont inclus des biens qui peuvent avoir une utilité industrielle mais possèdent des qualités environnementales. Plus précisément, la production, l'utilisation finale ou le processus de recyclage de ces EPP doit engendrer de moindres dégradations environnementales en comparaison de biens similaires qui ont les mêmes utilités. Pour reprendre la définition de la CNUCED « [les] *EPP* [sont définis] *comme des produits qui causent nettement moins "d'atteintes à l'environnement" à un certain stade de leur "cycle de vie" que des produits alternatifs qui servent le même but* » [CNUCED, 2004, p.4]. Trois critères permettent alors de qualifier des biens d'EPP : d'abord, le degré d'utilisation d'énergie et de ressources naturelles, ensuite, le faible montant de déchets et d'émissions fugitives générés par le produit pendant son cycle de vie, et enfin, l'impact positif de son utilisation sur la santé humaine et animale [OCDE, 2005b ; Iturregui *et al.*, 2005]. A titre d'exemple, les peintures à l'eau ou encore les papiers sans chlore n'ont pas une vocation environnementale première, mais leur utilisation génère moins de pollution que les peintures et ramettes de papier traditionnelles. C'est dans ce sens que ces biens sont qualifiés de « préférables pour l'environnement ».

Lors des négociations multilatérales et des rencontres interétatiques, l'attention a été majoritairement portée sur les biens environnementaux comme solutions en bout de chaîne, ayant pour vocation explicite d'éliminer les pollutions des sols, des eaux et de l'air. Le groupe de travail de l'OCDE sur ce sujet a précisé que les technologies et produits moins polluants (EPP) sont exclus des listes de biens environnementaux car il n'existerait pas de méthodologie permettant de mesurer leur contribution à la protection de l'environnement [OCDE, 1999]. Ainsi, la focalisation des négociations sur ces produits (qui ont vocation de dépolluer plutôt que d'être « plus propres ») restreint la définition des biens environnementaux et des technologies vertes annoncée dans l'Introduction Générale. Dans un

premier temps, les technologies permettant de réduire les nuisances environnementales des processus de production et/ ou d'en améliorer l'efficacité énergétique n'ont pas été considérées comme biens environnementaux dans les négociations commerciales, étant donné que de telles innovations peuvent avoir été développées dans un but stratégique autre qu'environnemental. Par exemple, les innovations permettant d'utiliser des sources d'énergie renouvelables n'ont pas toutes été considérées dans un premier temps comme biens environnementaux, étant donné que ces technologies peuvent avoir pour vocation première de diminuer les dépendances des processus productifs vis-à-vis d'une ressource naturelle rare ou d'en améliorer l'efficacité énergétique ; ceci dans le but de réduire les coûts de production ou d'accroître la sécurité énergétique [Mytelka, 2007]. Bien que ce dernier argument soit particulièrement discutable étant données les réductions possibles d'émissions de GES engendrées par la mise en place de technologies telles que, par exemple, les turbines éoliennes ; les difficultés d'identification des EPP ont contraint les organisations internationales à restreindre la définition des biens environnementaux à la première catégorie présentée dans le Schéma I.3.

La libéralisation de ces biens environnementaux contribuerait alors directement à la protection de l'environnement. Dès lors, les négociations en cours à l'OMC se sont focalisées sur l'accès au marché de ces produits, des difficultés persistant sur l'accord des parties quant à l'identification d'une liste de biens dont la libéralisation contribuerait à réduire les émissions et les coûts des impacts des changements climatiques dans les PED.

Plutôt qu'effectuer une distinction entre les biens par le biais d'une approche négative, les différentes organisations multilatérales et régionales (OMC, OCDE, APEC³¹) ainsi que les commissions spécialisées des pays ont fait des propositions de listes de biens environnementaux relevant d'une approche positive [Zhang, 2009]. Une approche négative aurait visé à établir une liste de biens à bannir dans le processus de libéralisation

³¹ *Asia-Pacific Economic Cooperation* (APEC) est une organisation régionale qui vise à faciliter les échanges et les investissements dans la région Asie Pacifique. Ce regroupement économique comprend 21 membres : l'Australie, Brunei, le Canada, la Corée du Sud, les Etats-Unis, l'Indonésie, le Japon, la Malaisie, la Nouvelle-Zélande, les Philippines, Singapour, la Thaïlande, la Chine, Hong-Kong, le Tapei chinois, le Mexique, la Papouasie Nouvelle Guinée, le Chili, le Pérou, la Russie et le Vietnam. Le site Internet de l'APEC est disponible à l'adresse <<http://www.apec.org/en/>>

commerciale, produits dont le commerce serait interdit ou restreint par des barrières tarifaires et non tarifaires³².

Dans une démarche positive, l'OCDE a donc établi une liste de 164 biens désignés selon 132 codes à six chiffres du Système Harmonisé de désignation et de codification des marchandises (SH) remplissant les fonctions de réduction de la pollution et de gestion des ressources³³ (Cf. Encadré I.3) [OCDE, 2001a ; Sinclair-Desgagné, 2008]. Il convient de préciser que les technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables, bien qu'étant considérées dans un premier temps comme EPP, sont intégrées à cette liste dans la catégorie « gestion des ressources ». Cette liste n'est pas exhaustive et elle est seulement provisoire, étant donné que pour certains biens environnementaux, il n'existe pas de code SH concordant. De plus, les imperfections de ce système de classification font que certains produits désignés par un code SH mentionné comme correspondant à un bien environnemental n'ont pas de propriété de protection de l'environnement. Bien qu'étant imparfaite, cette liste de biens environnementaux est incontournable pour étudier la diffusion de technologies vertes étant donné qu'elle permet, d'une part, de désigner avec précisions des technologies et produits environnementaux, et d'autre part, d'analyser les échanges internationaux des biens environnementaux grâce aux codes SH fournis par l'OCDE.

³² Cette approche négative avait toutefois été abordée dans le cadre du Protocole de Montréal (1987) sur les substances appauvrissant la couche d'ozone, où l'établissement de listes de produits interdits au commerce a permis de limiter l'utilisation de chlorofluorocarbures, de halons ou encore de bromure de méthyle. Toutefois, cette approche n'aurait pas été possible dans le cadre de la lutte contre les changements climatiques étant données les difficultés liées à l'identification des produits générant des émissions de GES. De fait, tous les produits causent des dégâts environnementaux, et leurs impacts sur la qualité de l'environnement ne sont pas fixes au cours du temps. A titre d'exemple, le gaz naturel génère moins de GES que l'utilisation de combustibles fossiles comme le charbon, et une transition vers ce type d'énergie a été perçue comme solution aux changements climatiques. Toutefois, si l'utilisation du charbon est couplée avec des technologies de capture et de stockage du carbone, cette source d'énergie serait moins polluante que les centrales fonctionnant au gaz naturel. De plus, les énergies éoliennes ou marémotrices n'émettent pas de GES lors de leur utilisation et seraient une solution encore plus performante [Zhang, 2009].

³³ La liste de l'OCDE (2001a) des biens environnementaux et les codes du Système Harmonisé correspondant sont disponibles en Annexe 4.

Encadré I.3. Liste des biens environnementaux de l'OCDE (2001a)

A. Gestion de la pollution

Contrôle de la pollution de l'air : équipements, technologies et matériaux spécifiques pour la collecte et le traitement de gaz d'échappement et de particules provenant de sources mobiles ou fixes (ex : compresseurs d'air et à gaz, installation pour l'épuration de l'air et des gaz, appareils pour le traitement thermique des matières, pièces pour appareils de filtrage...)

Gestion des eaux usées : équipements, technologies et matériaux pour la collecte et le traitement des eaux usées et de refroidissement (ex : produits chimiques pour le traitement des eaux –hydroxyde de sodium, sulfite de sodium...-, appareils pour l'épuration des eaux, pièces pour turbines hydrauliques...)

Gestion des déchets solides : équipements, technologies et matériaux pour le traitement, le transport, l'élimination et le recyclage des déchets solides dangereux ou non (ex : compacteurs, bennes à ordures, machines à broyer les pneumatiques, balais mécaniques...).

Dépollution et assainissement : absorbants, produits chimiques, biorestoreurs et technologies qui visent à nettoyer les sites pollués (ex : équipements de vitrification, produits chimiques tensioactifs, matériels de nettoyage après déversement...)

Réductions des bruits et des vibrations : équipements et matériaux qui réduisent la propagation des vibrations et du bruit (ex : matériels d'insonorisation, dispositifs anti-vibrations...)

Surveillance, analyse et évaluation de l'environnement : instruments et machines mesurant les émissions de polluants, équipements d'acquisition de données et systèmes de surveillance de l'environnement (ex : thermomètres et pyromètres à liquide, pièces d'instruments pour la mesure ou le contrôle des gaz ou des liquides, instruments pour l'analyse des propriétés chimiques et physiques...)

B. Technologies et produits moins polluants

Technologies et procédés moins polluants / plus économes en ressources : technologies qui réduisent la consommation énergétique, engendrent de moindres émissions et minimisent les problèmes d'élimination des déchets (ex : nettoyage par ultrasons, lessivage dilué, installations / appareils électrochimiques...)

Produits moins polluants / plus économes en énergie : produits réduisant la consommation d'énergie, les émissions et les problèmes liés à l'élimination des déchets pendant leur utilisation (ex : produits de remplacement des chlorofluorocarbures, substituts de la tourbe, colles à base d'eau...)

C. Gestion des ressources

Lutte contre la pollution de l'air à l'intérieur des locaux : équipements, technologies et matériaux qui diminuent les polluants intérieurs.

Traitement et distribution de l'eau potable : équipements, technologies et matériaux qui permettent la collecte, la purification et la distribution de l'eau potable pour des usages industriels, commerciaux ou domestiques (ex : chlore, eau distillée et de conductibilité, échangeurs d'ions...)

Matériaux recyclés : technologies et installations liées à la fabrication de nouveaux matériaux ou produits issus de déchets recyclés.

Installations utilisant des énergies renouvelables : génération d'énergie renouvelable comme l'énergie biomasse, hydraulique, solaire, éolienne, marémotrice ou la géothermie (ex : éoliennes, turbines éoliennes, centrales hydroélectriques...)

Gestion et économies en matière d'énergie/ chauffage : fourniture de services qui minimisent les pertes d'énergie et de chaleur (catalyseurs, échangeurs de chaleur, installations de chauffage urbain, chaudières de récupération, véhicules électriques, piles à combustibles...).

Autres : agriculture, foresterie et pêche durable, gestion des risques naturels, éco-tourisme.

Source : D'après OCDE 2001a, *Biens et services environnementaux : les avantages d'une libéralisation accrue du commerce mondial*, OCDE, Paris.

Etant donnés les enjeux liés à une libéralisation de ces biens qualifiés d'environnementaux, des organisations régionales telles que l'APEC ont contesté la liste de l'OCDE en la considérant trop extensive. La volonté de l'APEC³⁴ dans l'élaboration de sa liste de biens environnementaux était d'éviter ce travers, c'est-à-dire l'inclusion de biens qui auraient un double usage et dont la libéralisation conduirait à fragiliser la pérennité d'industries domestiques naissantes. Les économies de l'APEC ont présenté des propositions de listes positives pour une libéralisation volontaire et rapide par secteurs –*Early Voluntary Sectoral Liberalization (EVSL)* – dont les biens auraient des effets positifs sur la qualité de l'environnement sur leurs territoires domestiques. Les arguments de l'APEC sont doubles : d'une part, une libéralisation rapide et renforcée des biens environnementaux permet aux pays importateurs d'acquérir à moindre coût des technologies vertes non disponibles sur leur territoire national ; et d'autre part, les PED exportateurs de la zone peuvent bénéficier de perspectives de marché élargies³⁵ [APEC, 2001 ; OCDE, 2005c].

Ces listes de l'OCDE et de l'APEC de biens qualifiés d'environnementaux contiennent des produits qui sont indissociables de certains services environnementaux, tels que les services d'assainissement, de traitement des eaux usées ou encore de traitement des déchets. Les services font donc partie intégrante des activités de gestion de la pollution, de nettoyage et de dépollution, mais aussi d'intégration des technologies vertes dans les processus de production. Toutefois, les négociations sur la libéralisation des biens environnementaux et des services ont été conduites séparément à l'OMC, la libéralisation des services entrant dans le

³⁴ Pour plus de détails sur le programme de l'APEC sur la libéralisation des biens et services environnementaux, consulter le site de l'APEC à l'adresse <<http://www.apec.org/en>>

³⁵ L'élaboration de la liste de l'APEC s'est fondée sur la définition de l'OCDE (1999) de l'industrie environnementale et dans la plupart des cas il y a correspondance entre les deux listes, même si des mêmes biens ont été classés dans des catégories différentes - exemple : les systèmes de production d'ozone (code SH 8543.89) ont été enregistrés dans la liste de l'APEC dans la catégorie « gestion des eaux usées » alors que ces biens sont classés dans la catégorie « approvisionnement en eaux » sur la liste de l'OCDE [OCDE, 2006]. L'APEC a publié en 1998 une liste de 109 biens environnementaux comprenant 104 codes du SH avec un niveau de précision supérieur à celui de l'OCDE : 44 biens sur cette liste sont spécifiés avec un niveau de désagrégation supérieur à 6 sous-positions du SH [APEC, 2001]. Cependant, 50 biens sur la liste de l'APEC n'apparaissent pas sur celle de l'OCDE, et les produits chimiques et minéraux ne sont pas mentionnés sur la liste de cette organisation étant donné que cette catégorie a donné lieu à des négociations séparées dans le cadre de l'EVSL. A l'inverse, la liste de l'APEC recense un nombre plus important de biens dans la catégorie de surveillance, analyse et évaluation de l'environnement. La faiblesse de la liste globale de l'APEC relativement à celle de l'OCDE peut être expliquée par le fait que les pays n'ont pas pris en considération les produits issus de processus de production plus respectueux pour l'environnement, étant données les usages non-environnementaux faits de ces biens et les difficultés d'identification qui leur sont liées [OCDE, 2005c]. Par exemple, la liste de l'OCDE inclut les machines à broyer les pneumatiques dans le groupe « gestion de la pollution », sous groupe « gestion des déchets solides » ; mais le code SH correspondant à 847989 « machines et appareils mécaniques, non désignés ailleurs » comprend d'autres produits dont tous n'ont pas une vocation environnementale.

cadre de l'Accord Général sur le Commerce des Services (AGCS), négociations multilatérales lancées dans le cadre de l'*Uruguay Round*. A l'instar des biens environnementaux, les services environnementaux ne connaissent pas de définition internationale stabilisée³⁶. Le processus de libéralisation des services ainsi que les flux commerciaux liés ne seront pas traités dans le cadre de cette recherche, non pas parce ces échanges ne sont pas substantiels, mais surtout du fait du manque de données exhaustives et des interdépendances entre les services et les biens environnementaux. En effet, le commerce des services est souvent intégré au commerce des biens, les fournisseurs vendant des services d'installation ou de maintenance des équipements de contrôle de la pollution associés avec la cession de la technologie elle-même [Iturregui *et al.*, 2005].

Malgré des négociations à la marge sur l'intégration ou l'exclusion de certains biens, la libéralisation des biens et services environnementaux est considérée comme bénéfique pour la qualité de l'environnement. Les groupes de travail sur la libéralisation des BSE dans le cadre du Cycle de Doha y voient un triple gain –« *triple win for WTO members*³⁷ » : pour le commerce –élimination des barrières tarifaires et non tarifaires aux échanges ; pour l'environnement –amélioration de l'accès à des biens de haute qualité environnementale ; et pour le développement –stimulation de l'innovation et des transferts de technologies vers les PED³⁸. Libéraliser le commerce de ces types de biens permettrait ainsi aux PED d'acquérir et d'adapter à leurs économies des technologies et pratiques compatibles avec la protection de

³⁶ Les négociations commerciales sur la libéralisation des services environnementaux, sous l'égide de l'OMC, se basent sur la classification sectorielle des services -*WTO Services Sectoral Classification List* (W/120)- qui couvre : les services de traitement des eaux usées, les services de voirie, les services d'assainissement et services analogues, ainsi que les autres services environnementaux (les services de nettoyage des gaz d'échappement, les services de lutte contre le bruit, les services de protection des paysages et de la nature et les autres services environnementaux non classés ailleurs) [OMC, 1991 ; CNUCED, 2009]. Cette classification a été critiquée par les Parties à l'OMC, étant donné qu'elle ne prend pas en compte les services visant à prévenir ou réduire les dommages environnementaux mais seulement les solutions en bout de chaîne pareillement à la définition des biens environnementaux.

³⁷ Site internet de l'OMC consulté le 31 mai 2011, disponible à l'adresse <http://www.wto.org/english/tratop_e/envir_e/climate_challenge_e.htm>

³⁸ La conférence ministérielle de l'OMC, à Doha en 2001, engage les participants à ouvrir les négociations dans trois domaines particuliers : « *i) la relation entre les règles de l'OMC existantes et les obligations commerciales spécifiques énoncées dans les accords environnementaux multilatéraux (AME) (...); ii) les procédures d'échanges de renseignements réguliers entre les Secrétariats d'AEM et les Comités de l'OMC pertinents (...); iii) la réduction ou, selon qu'il sera approprié, l'élimination des obstacles tarifaires et non tarifaires visant les biens et services environnementaux* » [OMC, 2001a, paragraphe 31]. Dans l'accord de Marrakech (1994), les Parties reconnaissaient déjà la relation positive entre la libéralisation commerciale et la qualité de l'environnement, garantissant un accès au commerce mondial aux Parties –une attention particulière était portée sur la part des PED- en accord avec un objectif de développement durable préservant la qualité de l'environnement et permettant une amélioration des niveaux de développement économique.

l'environnement, de « verdir » leur processus d'industrialisation, et de stimuler la demande intérieure pour un environnement plus sain [Damian *et al.*, 2001 ; Esty, 2001 ; Fliess, 2002 ; Banque Mondiale, 2008].

Les préoccupations environnementales, et tout particulièrement le rôle des PED dans la lutte contre la pollution et les changements climatiques, ont été intégrés aux négociations des accords commerciaux multilatéraux. Les négociations sur les BSE se focalisent principalement sur l'accès au marché, et, dans cette vision, c'est bien la réduction des barrières tarifaires aux échanges qui permettrait de satisfaire des objectifs économiques, sociaux et environnementaux. L'hypothèse forte dans les négociations commerciales multilatérales est la causalité positive entre la libéralisation du commerce et le développement³⁹ ; toute problématique de transferts de technologies étant superflue car la technologie est intégrée dans les biens et services [Mytelka, 2007]. Les négociations sont centralisées sur la suppression des barrières tarifaires aux échanges de biens environnementaux, et peu d'attention a été portée sur la suppression des barrières non-tarifaires –quotas, normes techniques, standards, subventions- et les échanges de services environnementaux. L'enjeu réside alors dans la définition d'une liste des biens environnementaux qui serait internationalement reconnue, d'une liste des EPP possédant, par nature ou du fait de leurs méthodes de production, des caractéristiques bénéfiques pour la protection de l'environnement, et enfin sur l'intégration des propositions liées à l'Approche par les Projets Environnementaux (APE) –*Environmental Project Approach* (EAP) soutenues par plusieurs PED⁴⁰ [OMC, 2005].

³⁹ « Nous sommes convaincus que les objectifs consistant à maintenir et à préserver un système commercial multilatéral ouvert et non discriminatoire, et à œuvrer en faveur de la protection de l'environnement et de la promotion du développement durable peuvent et doivent se renforcer mutuellement. (...) Nous nous félicitons de la coopération suivie de l'OMC avec le PNUE et les autres organisations environnementales intergouvernementales. Nous encourageons les efforts visant à promouvoir la coopération entre l'OMC et les organisations environnementales et de développement international pertinentes (...) » [OMC, 2001a, Conférence Ministérielle de l'OMC, Doha, World Trade Organization, WT/MIN(01)/DEC/1, Paragraphe 6 du Préambule].

⁴⁰ Cette approche par projets environnementaux a été proposée en particulier par l'Inde comme une alternative à l'élaboration de listes positives qui manqueraient de traitement spécial et différencié en faveur des PED. Dans cette approche, les membres ont la responsabilité d'identifier les BSE comme étant utilisés dans des projets environnementaux découlant d'Accord Multilatéraux sur l'Environnement (AME) ou d'engagements nationaux dans la protection de l'environnement. Relativement aux approches par les listes qui engendrent de nombreuses difficultés méthodologiques lors de l'identification des biens environnementaux, cette approche par les projets permettrait de déterminer efficacement les biens concernés par les programmes environnementaux, mais aussi la temporalité de la libéralisation commerciale. La scission entre les objectifs économiques et ceux purement environnementaux permettrait alors de prendre en compte, lors des importations de biens et services environnementaux, à la fois le tissu économique local, les effets d'entraînement possibles sur les petites et moyennes entreprises, ainsi que les besoins nationaux spécifiques en termes de management de l'environnement et de la pollution locale [OMC, 2005].

L'une des principales objections des PED à la libéralisation du commerce de biens environnementaux est liée aux problématiques d'usage multiple des biens [OCDE, 2006]. D'une part, certains biens peuvent avoir une utilité environnementale et parallèlement, l'importation de ces biens peut être motivée par une exploitation industrielle, non attachée à des préoccupations environnementales [CNUCED, 2005] -ex : les compteurs d'électricité, les compteurs de débit liquide, les échangeurs de chaleur ou encore les centrifugeuses. Ces biens ont une utilité première qui n'est pas environnementale et la libéralisation du commerce de ces biens augmenterait des flux d'importations qui ne seraient pas nécessairement bénéfiques pour la qualité de l'environnement⁴¹. De plus, la libéralisation de ces types de biens à multiples usages intensifiera les pressions concurrentielles sur les firmes naissantes des PED et contribuera à complexifier l'accès aux marchés pour les nouveaux entrants domestiques. Cette question explique partiellement les positions très offensives des PID dans la négociation et leur soutien à une approche par les listes, voyant dans l'ouverture des marchés des PED – et en particulier des grands émergents – des perspectives de marché intéressantes pour des biens dont l'usage commun n'est pas nécessairement environnemental [OMC, 2005 ; Mytelka, 2007]⁴².

Toutefois, l'argument selon lequel la libéralisation commerciale des biens environnementaux aurait plusieurs effets bénéfiques, aussi bien pour les pays récipiendaires et que pour les pays exportateurs, demeure prédominant [OCDE, 2006 ; Banque Mondiale, 2008]. Outre le fait de mettre à la disposition des PED des biens et matériaux compatibles avec la protection de l'environnement, les économies en développement bénéficieraient à long

⁴¹ Par exemple, les centrifugeuses sont utilisées dans les étapes de gestion des eaux usées, pour la séparation des déchets dangereux –systèmes de séparation des carburants. Toutefois, ces mêmes centrifugeuses peuvent être utilisées pour séparer des substances dans un flux de production manufacturier, avec un usage simplement industriel sans vocation de dépollution. Une très faible proportion des ventes de centrifugeuses –près de 10% [OCDE, 2001a]- serait utilisée dans une perspective de gestion des eaux usées, alors que ce bien est classé comme environnemental par la liste de l'OCDE (code du SH 842119).

⁴² L'utilisation de codes du SH à six positions complexifie le processus de libéralisation étant donné que les PED sont opposés à tout processus de libéralisation qui pourrait mettre en péril les industries domestiques et réduire les revenus des politiques douanières. Le commerce des biens classés sous les mêmes codes du SH que les biens environnementaux cités dans les listes serait aussi par définition libéralisé malgré une utilisation purement industrielle. Cet ensemble de difficultés inhérentes à la définition même des biens environnementaux a fait émerger deux blocs de pays dans la négociation. Les PID –guidés principalement par l'Australie, le Japon, le Canada, la Corée, l'Union Européenne – militent en faveur d'une libéralisation accrue des échanges de biens et services environnementaux et d'une suppression des barrières tarifaires et non tarifaires pour accéder aux marchés des PED. Ces derniers ont quant à eux une position défensive dans la négociation, ralentissant le processus d'ouverture en invoquant les multiples usages des biens environnementaux et les risques liés à la libéralisation pour leurs industries domestiques [OCDE, 2006 ; 2005d].

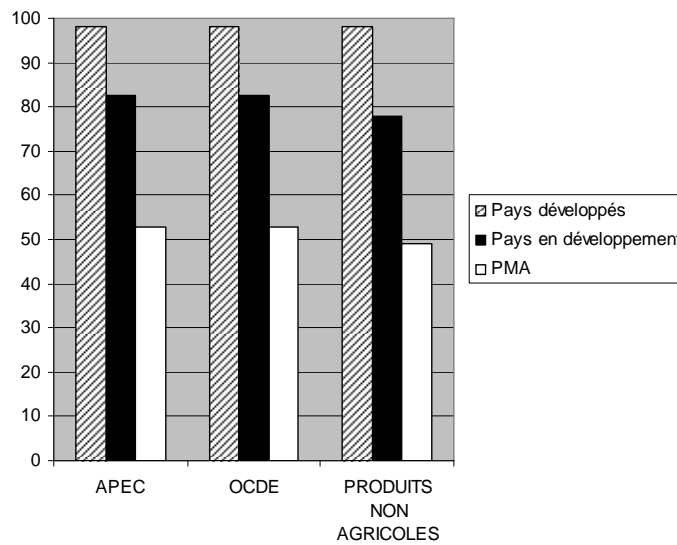
terme de ces importations par le biais de l'acquisition des technologies environnementales intégrées dans ces biens. De plus, les économies d'échelle liées à l'ouverture des marchés et l'intensification de la concurrence dans l'industrie environnementale réduiraient le coût des biens et services et élargiraient le panel de biens disponibles pour les firmes des PED [OCDE, 2001a].

Conscients de ces effets bénéfiques, à la fois économiques et environnementaux, de nombreux PED ont réduit unilatéralement leurs droits de douanes et les obstacles aux échanges de ces types de biens [Teh *et al.*, 2004]. Afin de sécuriser l'environnement économique et les perspectives de marché pour les investisseurs, au cours de l'*Uruguay Round*, les pays développés ont consolidé 99% de leurs lignes tarifaires, et le même processus de consolidation a été mis en route pour les PED, passant de 21% à 73% des lignes tarifaires⁴³ [Kennett *et al.*, 2005]. Le Graphique I.6 présente la part des lignes tarifaires consolidée pour les PID, les PED et les pays les moins avancés (PMA)⁴⁴ concernant les biens environnementaux – définis par les listes de l'APEC et de l'OCDE – et les produits non agricoles.

⁴³ « Consolidation des droits de douane : les listes relatives à l'accès aux marchés ne sont pas simplement des barèmes de droits de douane. Elles représentent l'engagement de ne pas accroître les droits de douane au-delà des taux indiqués, qui sont « consolidés ». Dans les pays développés, les taux consolidés sont généralement ceux qui sont effectivement appliqués. La plupart des pays en développement ont consolidé leurs taux à des niveaux légèrement supérieurs à ceux des taux appliqués, de sorte que les taux consolidés servent de plafonds. » (Site Internet de l'OMC, consulté le 12/05/2012, disponible à l'adresse <http://www.wto.org/french/thewto_f/whatis_f/tif_f/agrm2_f.htm#binding><http://www.wto.org/french/thewto_f/whatis_f/tif_f/agrm2_f.htm#binding>).

⁴⁴ La classification des Nations-unies des PMA regroupe : l'Afghanistan, l'Angola, le Bangladesh, le Benin, le Bhutan, le Burkina Faso, le Burundi, le Cambodge, la République Centrale d'Afrique, le Tchad, les Comores, le Congo, Djibouti, la Guinée Equatoriale, l'Erythrée, l'Ethiopie, la Gambie, la Guinée, la Guinée Bissau, Haïti, Kiribati, le Laos, le Lesotho, le Libéria, Madagascar, le Malawi, le Mali, la Mauritanie, le Mozambique, Myanmar, le Népal, le Niger, le Rwanda, Samoa, Sao Tomé et Príncipe, le Sénégal, le Sierra Leone, les Iles Salomon, la Somalie, le Soudan, le Timor Oriental, le Togo, le Tuvalu, l'Uganda, la Tanzanie, le Vanuatu, le Yémen et la Zambie (Site Internet de la CNUCED, consulté le 12/01/2012, disponible à l'adresse <<http://www.unctad.org/Templates/Page.asp?intItemID=3641&lang=2>>).

Graphique I.6. Portée des consolidations – Listes de l’APEC, de l’OCDE et produits non agricoles



Source : 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.

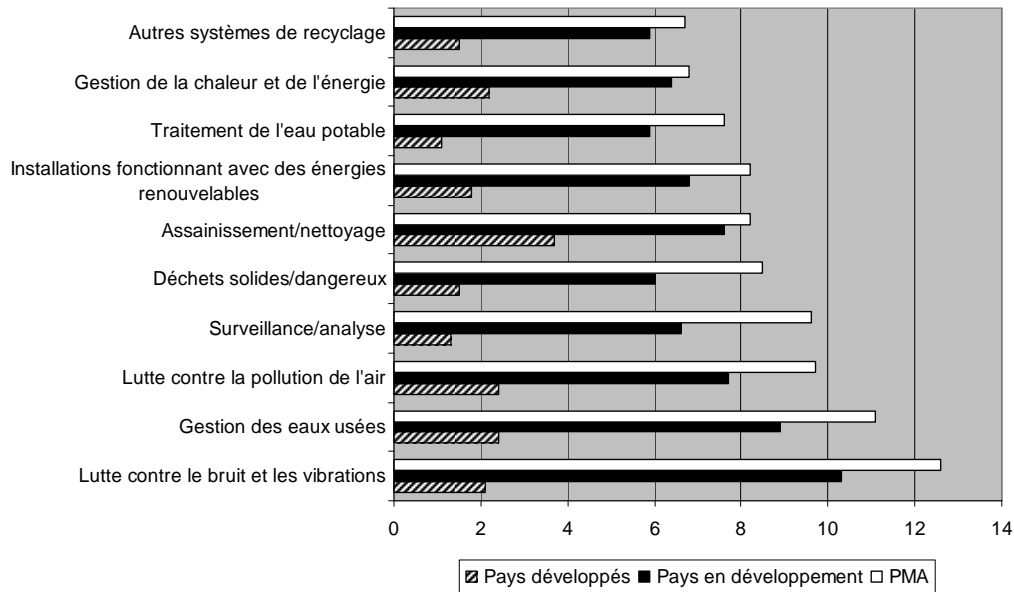
Il apparaît que les PED disposent d’une certaine marge de manœuvre tarifaire étant donné qu’ils n’ont consolidé que 80% des lignes tarifaires correspondant aux biens environnementaux définis par l’APEC et l’OCDE. La part des consolidations est légèrement plus importante pour les biens environnementaux que pour les produits non agricoles dans les PED et les PMA. De plus, dans les économies émergentes d’Asie⁴⁵, les droits appliqués à la plupart des biens environnementaux se situent autour de 4.5%, soit près de 2.5 fois plus que les taux de la nation la plus favorisée (NPF)⁴⁶ appliqués des pays de la Quadrilatérale – Canada, Union Européenne, Japon, Etats-Unis [Kennett et al., 2005].

Plus précisément, les droits de douanes moyens appliqués varient selon les types de biens environnementaux, stratégie tarifaire qui vise à favoriser les importations de produits satisfaisant les besoins locaux (Cf. Graphique I.7).

⁴⁵ Chine, Hong-Kong, Inde, Indonésie, Malaisie, Pakistan, Philippines, Singapour, Taipei chinois, Thaïlande, Vietnam.

⁴⁶ Le principe de la NPF est l’article 2 du GATT (*General Agreement on Tariffs and Trade*), faisant obligation à un pays de ne pas établir de discrimination entre ses partenaires commerciaux. « Chaque pays membre traite tous les autres membres de manière égale, comme des partenaires commerciaux « les plus favorisés ». Si un pays accroît les avantages qu’il accorde à un partenaire commercial, il doit appliquer le même « meilleur » traitement à tous les autres membres de l’OMC pour que tous restent « les plus favorisés » [Site Internet de l’Organisation Mondiale du Commerce, consulté le 12/05/2012, disponible à l’adresse <http://www.wto.org/french/thewto_f/whatis_f/tif_f/fact2_f.htm>].

Graphique I.7. Moyenne des taux appliqués par catégories – Pays développés, pays en développement, pays les moins avancés



Source : 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.

Ainsi, les PED appliquent des droits NPF relativement plus faibles sur les importations de biens environnementaux visant au traitement de l'eau potable, ou la gestion des déchets solides ou dangereux. A l'inverse, les services de gestion des eaux usées connaissent des droits de douanes moyens relativement plus élevés dans les PED, ce constat pouvant être expliqué par le fait que ce sont majoritairement des entreprises étatiques qui ont vocation à assurer ces fonctions, et qu'elles s'approvisionnent principalement sur les marchés domestiques [Teh *et al.*, 2004 ; Iturregui *et al.*, 2005]. En dernier lieu, les barrières tarifaires aux échanges de technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables demeurent significatives. A titre d'exemple, sur les 153 membres de l'OMC, près de 60% imposent une moyenne tarifaire de 7.4% sur l'importation de turbines éoliennes –la Chine affichant un tarif de 8.0% ; et près de 43% des membres imposent une moyenne tarifaire de 8.8% sur l'importation de panneaux solaires [Burns, 2009].

Les droits de douanes ne sont pas les seuls obstacles aux échanges de biens environnementaux, les politiques environnementales peuvent aussi agir comme barrières aux importations. Les réglementations techniques, les normes industrielles ainsi que les réglementations nationales en matière de protection de l'environnement peuvent entraver la libre importation des biens, les exportateurs issus de PED ne pouvant accéder aux marchés des pays développés du fait de ces barrières non tarifaires aux échanges [OCDE, 2001a ;

Kennett *et al.*, 2005]. A l'inverse, le laxisme des réglementations environnementales peut décourager les importations de biens environnementaux qui seraient favorables pour la qualité de l'environnement. Malgré l'existence de réglementations chinoises dans le domaine de la protection de l'air, l'absence de surveillance et d'évaluation de l'application de ces politiques favorise l'inertie dans le domaine du changement technologique, tout particulièrement dans le cas des centrales à charbon, qui ne sont que peu incitées à mettre en place des technologies de dépollution en bout de chaîne [Banque Mondiale, 2008].

Au terme de cette partie, il apparaît que le processus de libéralisation de biens contribuant directement à la qualité de l'environnement est complexe, même si les flux commerciaux liés à ces biens environnementaux sont des canaux de transfert de technologies environnementales vers les PED. Les difficultés d'identification des BSE ainsi que leurs multiples usages expliquent les réticences des PED dans les négociations. La liste des BSE de l'OCDE (2001a), bien qu'imparfaite, permet toutefois de déterminer avec précision des biens qui ont pour vocation de dépolluer, de réduire les émissions, ou encore de gérer les ressources.

En se basant sur cette liste, la partie suivante a pour objectif d'analyser les flux commerciaux de biens environnementaux entre la Chine, le Japon et le reste du monde. Cette analyse empirique permettra de mettre en évidence, d'une part, les relations privilégiées entre la Chine et le Japon, et d'autre part, les flux de technologies vertes entrant sur le territoire chinois.

2.2. Echanges de biens environnementaux et acquisition chinoise de technologies environnementales

Les échanges de biens et services environnementaux ont progressé rapidement depuis la fin des années 1990, témoignant des exigences attachées au Protocole de Kyoto mais aussi des préoccupations grandissantes sur la qualité de l'environnement. La première partie de cette sous-section s'attache alors à préciser les principaux secteurs de l'industrie de l'environnement, en mettant en évidence la position de la Chine comme principal importateur mais aussi exportateur parmi les PED de biens contribuant directement à résoudre des problèmes environnementaux (pollutions atmosphériques, marines et terrestres) (2.2.1). Les flux de biens environnementaux entrant sur le territoire chinois peuvent alors être analysés comme des canaux d'acquisition technologique, à l'instar des importations chinoises de biens d'équipements et de produits de haute technologie. Dès lors, le second temps de cette sous-section analyse, à partir des codes du SH des BSE désignés par l'OCDE (2001a), les biens environnementaux pour lesquelles la Chine a bénéficié de l'importation de technologies depuis ses partenaires commerciaux (2.2.2).

2.2.1. Marché des biens et services environnementaux et rôle prépondérant de la Chine

La taille de l'industrie de l'environnement, définie comme l'ensemble des activités qui produisent des biens et services servant à mesurer, prévenir, réduire ou corriger les atteintes à l'environnement [OCDE, 2006], est difficile à estimer étant données les problématiques de multiples usages de biens environnementaux et l'inclusion ou non des EPP.

Néanmoins, Iturregui *et al.* (2005) estiment que les services environnementaux constituent les deux tiers de l'industrie alors que les biens environnementaux n'en représentent que le tiers. D'après les projections de l'OMC, le marché global pour les technologies environnementales devrait doubler d'ici 2020, croissance tirée par le développement des technologies d'amélioration de l'efficacité énergétique et de gestion durable des ressources hydriques [Leuenberger, 2009]. Le Tableau I.1 décrit la répartition sectorielle du marché des BSE en 2004, date la plus récente à laquelle est disponible une désagrégation sectorielle du marché des biens et services environnementaux.

Tableau I.1. Taille du marché des biens et services environnementaux en 2004 d'après les travaux de Sinclair-Desgagne (2008)

<i>Equipements</i>	<i>Milliards de dollars US</i>
Equipements et produits chimiques pour le traitement des eaux usées	43.0
Equipements visant à réduire les émissions	34.0
Systèmes et instruments d'information	6.6
Equipements pour le management des déchets	32.6
Technologies de production et de prévention	3.0
<i>Services</i>	
Management des déchets solides	120.7
Management des déchets dangereux	17.8
Consulting et engineering	31.5
Assainissement de sites pollués	29.4
Analyses	3.8
Traitement de l'eau	78.6
<i>Ressources</i>	
Distribution de l'eau	87.0
Recyclage	35.7
Energies propres	23.9

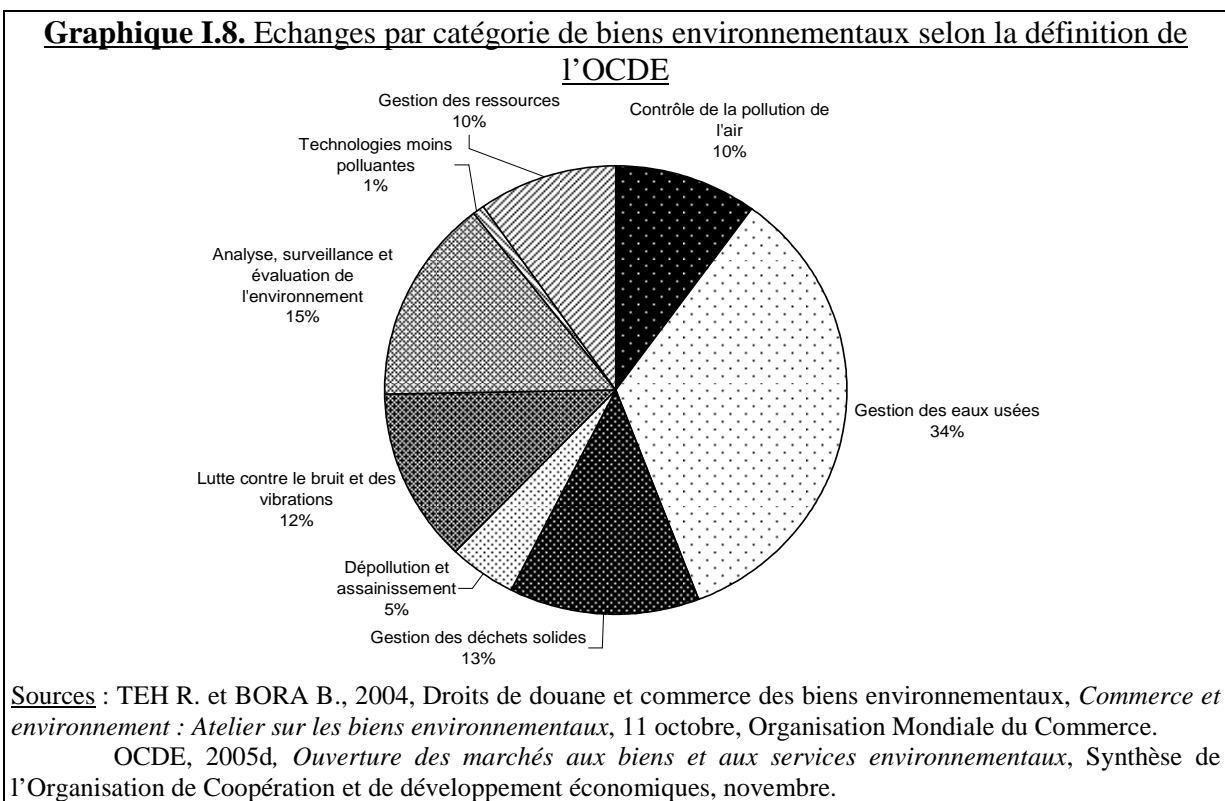
Source: SINCLAIR-DESGAGNE B., 2008, The Environmental Goods and Services Industry, *International Review of Environment and Resources Economics*, Vol.2, Septembre, pp.84.

D'après ces données, il apparaît que 40% du marché total est lié aux biens et services permettant le management des ressources en eau (dont 22% du marché est attaché au traitement des eaux usées et 15.9% à la distribution de l'eau), 37.8% du marché est couvert par les biens et services ayant pour vocation de traiter les déchets, 5.7% par les services de consulting et d'ingénierie environnementale, 5.3% par les activités d'assainissement, et les 12% restants sont liés à des activités diverses comme la gestion de la pollution de l'air [International Center For Trade and Sustainable Development (ICTSD), 2008 ; Sinclair-Desgagne, 2008].

Etant donné que les pays de l'OCDE ont supprimé la quasi-totalité des obstacles tarifaires aux échanges de biens environnementaux, la croissance du marché et du commerce international dans ces catégories de produits dépend fortement de l'engagement des PED (Cf. partie précédente sur la portée des consolidations des lignes tarifaires des pays en développement et des pays développés concernant les biens environnementaux). Les échanges de biens environnementaux ont considérablement augmenté depuis les années 1990 et à un rythme plus rapide que les exportations totales de marchandises. Ainsi, les exportations des biens listés par l'APEC ont été multipliées par 3.75 entre 1990 et 2002, contre 2.02 pour les

exportations totales de marchandises ; et ces exportations de biens environnementaux ont crû de 13.86% en moyenne par an sur la période, contre seulement 6.03% en moyenne par an pour les exportations totales de marchandises. Lorsque le commerce de biens environnementaux est analysé selon la liste de l'OCDE, les exportations suivent la même tendance, connaissant une accélération considérable à la fin des années 1990, après la signature du Protocole de Kyoto [Teh *et al.*, 2004].

Le Graphique I.8 fourni davantage d'informations sur les catégories de biens environnementaux qui dominent les échanges internationaux.



Le marché des BSE est dominé par les échanges de biens concernant la gestion des eaux usées (les technologies ayant cet usage représentant 34% des échanges en 2004), par les technologies de surveillance et d'analyse de l'état de l'environnement (15% des échanges), et ensuite par les technologies de gestion des déchets solides (13%). A l'instar des échanges totaux de marchandises, les principaux exportateurs de biens et services environnementaux sont les PID, même si leur part dans les exportations mondiales a diminué depuis le début des années 2000 parallèlement à l'accroissement de la participation des PED et des pays émergents dans les échanges internationaux [CNUCED, 2003 ; 2005] (Cf. Annexe 5 pour une

description des flux commerciaux des pays développés et en développement par rapport aux BSE).

La Chine est le deuxième importateur mondial de biens environnementaux derrière les Etats-Unis en 2008, après n'avoir été qu'en huitième position en 2000. Elle est désormais la première économie importatrice parmi les PED dans neuf catégories de biens environnementaux sur dix. La Chine est à l'origine de 7.6% des importations mondiales en 2008, et importe principalement des biens permettant d'utiliser des sources d'énergie renouvelables et de gérer les déchets solides [ICTSD, 2008 ; Foresti *et al.*, 2010]. Plus précisément, la Chine est le premier importateur mondial de technologies de gestion des déchets ainsi que le second importateur de biens permettant de réduire les pollutions atmosphériques et les pollutions des eaux et des sols [ICTSD, 2008].

Une analyse détaillée des importations chinoises par pays fournisseurs est disponible dans le Tableau I.2.

Tableau I.2. Cinq principaux fournisseurs de biens environnementaux en Chine (en % des importations chinoises totales et par types de produits)

Importations totales de biens environnementaux	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Japon	26.0	23.2	24.0	25.3	26.1	25.2	26.2	23.4	22.5	20.3
Allemagne	10.3	11.4	13.2	14.9	14.6	14.3	14.0	14.2	16.2	17.7
USA	17.7	18.1	16.5	15.4	14.9	14.4	14.6	15.3	15.4	14.1
Chine (ZES)	1.5	1.8	2.6	3.0	3.9	5.0	6.2	7.7	6.9	7.3
République de Corée	6.1	6.7	6.2	7.4	8.1	8.1	7.5	7.4	6.6	6.8
Gestion des déchets et contrôle de la pollution	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Japon	29.0	25.9	26.3	27.5	28.3	26.9	28.0	25.2	24.2	21.8
Allemagne	10.2	11.5	13.7	15.5	15.7	15.0	14.4	14.4	16.4	17.4
USA	18.1	18.2	16.8	16.0	15.7	15.2	15.7	17.1	16.3	15.2
République de Corée	5.8	6.6	6.2	7.6	8.6	8.8	8.1	7.8	7.1	7.0
Chine (ZES)	0.8	0.8	1.0	1.3	1.6	2.3	3.2	4.2	4.1	4.1
Biens d'énergie renouvelable	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Japon	17.5	9.7	13.5	13.7	16.5	22.2	28.2	23.4	18.0	21.5
Allemagne	18.1	16.8	18.5	22.1	16.0	17.6	16.4	15.0	18.8	17.7
USA	10.7	18.3	9.3	11.3	12.8	17.2	15.5	10.1	11.1	17.2
France	10.7	10.9	6.1	10.5	20.3	12.2	5.1	4.5	7.7	9.1
Italie	2.2	4.4	2.6	3.9	4.4	3.5	7.3	10.5	6.1	4.2
Biens d'efficacité énergétique	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Chine (ZES)	5.6	7.1	11.1	12.9	17.9	21.3	23.2	27.2	23.1	24.4
Allemagne	6.5	8.5	8.7	9.5	8.1	8.8	11.3	12.9	14.6	19.1
Japon	15.3	13.9	15.7	17.2	17.6	18.0	16.8	14.3	14.9	12.8
USA	19.6	17.4	17.0	13.6	11.8	8.6	9.0	8.2	12.3	8.5
République de Corée	9.0	7.9	7.6	7.7	6.3	6.5	6.1	6.1	5.4	6.9

Note : L'acronyme ZES signifie Zones Economiques Spéciales.

Source : D'après FORESTI G., GUIZZO S. et TRENTI S., 2010, *Environmental policy, Technology and Trade in Environmental Goods : What about China ?*, Servizio Studi e Recierche, Intensa Sanpaolo, Contribution au Colloque «The Chinese Economy», Banca d'Italia, Novembre, pp.51-52 disponible à l'adresse <<http://www.bancaditalie.it/studiricerche/convegni/atti/chinese-economy>>

Ce tableau montre l'importance du commerce sino-japonais dans le domaine des biens environnementaux : la Chine importe principalement des biens et technologies permettant l'exploitation de sources d'énergie renouvelables, catégorie dans laquelle le Japon est le troisième exportateur mondial et le premier fournisseur sur le territoire chinois.

De plus, d'après les données fournies par l'ICTSD pour l'année 2006, la Chine est le troisième exportateur mondial de biens environnementaux, et cette économie est le principal

PED exportateur dans sept catégories de biens environnementaux sur dix ⁴⁷, devancée dans certaines d'entre elles par le Mexique, le Brésil, ou encore la Corée du Sud. Même si sa balance commerciale est déficitaire dans les technologies d'utilisation des sources d'énergie renouvelables, la Chine en est toutefois le premier exportateur mondial. Cette situation peut être expliquée par le fait que la Chine est fortement spécialisée dans la manufacture et l'exportation de turbines hydrauliques, utilisées dans des usines hydroélectriques aussi bien sur son territoire national qu'à l'étranger. Du même ordre, les industries chinoises de turbines éoliennes et de technologies solaires photovoltaïques sont passées au premier rang mondial : les firmes chinoises fournissent près de 57% des panneaux solaires mondiaux en 2011 (Cf. Encadré I.4) et trois firmes chinoises –Sinovel, Goldwind et Dongfang font partie des dix principales firmes au monde dans la production de turbines éoliennes [Martinot *et al.*, 2010 ; EuroObserv'ER, 2012].

⁴⁷ Les données des Annexes 6 et 7 présentent les principaux pays développés et PED exportateurs et importateurs de biens environnementaux *stricto sensu* et d'*Environmentally Preferable Product* en 2006, selon l'ICTSD. Ces données sur les échanges internationaux sont classées en dix catégories : contrôle de la pollution de l'air, gestion des déchets solides et dangereux et systèmes de recyclage, nettoyage ou restauration des eaux et des sols, usines d'énergie renouvelable, gestion de la chaleur et de l'énergie, gestion des eaux usées et traitement de l'eau potable, *environmentally preferable product*, gestion des risques naturels, protection des ressources naturelles, réduction des bruits et des vibrations.

Encadré I.4. Industrie solaire photovoltaïque en Chine

« En termes de capacités mondiales installées cumulées, l'Europe mène toujours le bal avec plus de 51 GW de puissance installée en 2011. Cela représente environ 75% du total mondial de capacités cumulées de photovoltaïque. Les suivants dans le classement sont le Japon (5 GW) et les Etats-Unis (4,4 GW), suivis par la Chine (3,1 GW) qui a atteint son premier GW en 2011 » [EPIA, 2012, p.11]. Les installations supplémentaires en Chine de photovoltaïque en 2011 s'élèvent à 2.2 GW, représentant 28% de la croissance des capacités installées hors pays européens.

La Chine a émergé comme un leader mondial dans la production de panneaux photovoltaïques, produisant en 2011 plus de 57% de la production mondiale de cellules photovoltaïques, devant Taiwan (11%), le Japon (6.9%) et l'Allemagne (6.7%). Comme le montre le Tableau 1, sur les cinq premiers fabricants au monde de cellules photovoltaïques en 2011, quatre sont chinois : *Suntech Power*, *JA Solar*, *Yingli Green Energy* et *Trina Solar* [EuroObserv'Er, 2012]. La compétitivité de la Chine sur le marché mondial du solaire photovoltaïque et la croissance de sa production peuvent être expliquées par trois types de facteurs. D'abord, les activités de recherche, le développement et la production d'équipements photovoltaïques sont encouragés et supportés financièrement par le gouvernement chinois [Yang *et al.*, 2003]. Les expansions des installations d'exploitation de sources d'énergie renouvelables (solaire et éolien principalement) font partie des objectifs des 11^{ème} et 12^{ème} plans quinquennaux et de la stratégie climatique chinoise. Ensuite, bien que la demande intérieure reste faible et que la production de panneaux solaires ait eu principalement pour but l'exportation, le marché domestique a progressé depuis la fin des années 2000. La Chine possède alors un potentiel significatif pour l'exploitation de cette source d'énergie renouvelable ; particulièrement dans les régions ouest du pays où il est plus rentable d'installer des équipements solaires que d'étendre le réseau électrique [Martinot, 2010]. Enfin, les firmes chinoises sont particulièrement compétitives dans les parties aval de la chaîne de valeur de l'industrie solaire (fabrication de cellules et modules), secteurs les plus concurrentiels où l'industrie est peu concentrée et les profits sont faibles. De plus, les firmes chinoises ont pu acquérir les technologies nécessaires par l'achat de lignes de production complètes (clé en main), alors que les secteurs amonts de l'industrie connaissent de plus fortes barrières à l'entrée [De La Tour *et al.*, 2010].

Tableau 1. Les dix premiers fabricants de cellules photovoltaïques en 2011 (en MWc)

	<i>Technologies</i>	Pays	Production		Plans de production pour 2012
			2010	2011	
Suntech Power	Modules en couches minces, cellules cristallines	Chine	1585	2220	2746
First Solar	Modules en couches minces	USA	1412	1981	2520
JA Solar	Cellules cristallines	Chine	1463	1690	3000
Yingli Green Energy	Cellules cristallines (multi), modules	Chine	1060	1604	2450
Trina Solar	Cellules cristallines (mono), modules	Chine	1050	1550	2400
Motech Industries	Cellules cristallines (mono, multi), modules	Taiwan	945	1100	1600
Canadian Solar	Cellules cristallines (mono, multi), modules	Canada	523	1010	2000
Haeron Solar	Cellules cristallines (mono, multi), modules	Chine	155	940	1376
Sunpower	Cellules cristallines (mono), modules	USA	563	922	1200
Gintech	Cellules cristallines (mono, multi), modules	Taiwan	827	873	1500

Source : D'après EuroObserv'Er, 2012, Photovoltaic Barometer, *Le Journal du Photovoltaïque*, Hors-série, N°7, Avril, pp.129

Sources : DE LA TOUR A., GLACHANT M., et MENIERE Y., 2010, *Innovation et transfert de technologie : le cas de l'industrie photovoltaïque en Chine*, World Intellectual Property Congress, 3-6 Octobre, Association internationale pour la Protection de la Propriété Intellectuelle, Paris.

EPIA, 2012, *Global Market Outlook for Photovoltaics until 2012*, disponible à l'adresse <<http://files.epia.org/files/Global-Market-Outlook-2016.pdf>>

EuroObserv'Er, 2012, Photovoltaic Barometer, *Le Journal du Photovoltaïque*, Hors-série, N°7, pp.108-131

MARTINOT E., 2010, Renewable power for China: Past, Present and Future, *Frontiers of Energy and Power Engineering in China*, Vol.4, N°3, pp.187-197.

YANG H., WANG H., YU H., XI J., CUI R., et CHEN G., 2003, Status of photovoltaic industry in China, *Energy Policy*, Vol.31, N°8, pp.703-707.

Au-delà du déficit de sa balance commerciale dans le commerce de biens environnementaux, ces flux commerciaux représentent tout de même une part non négligeable de ses importations et exportations totales –respectivement 4.90 et 2.65%⁴⁸.

Au terme de cette partie, les flux de biens environnementaux entrant sur le territoire chinois peuvent être analysés comme des canaux de transfert de technologies environnementales. Dès lors, sa participation au commerce international de biens environnementaux ainsi que sa place en tant que second importateur mondial lui permettent d’acquérir les technologies vertes intégrées à ces flux de biens, d’équipements et de composants. La partie suivante a alors pour objectif d’analyser précisément les biens environnementaux entrant sur le territoire chinois afin de mettre en évidence pour certains d’entre eux une dynamique d’acquisition des technologies importées.

2.2.2. Echanges de biens environnementaux et diffusion technologique

Les flux commerciaux ayant été identifiés comme vecteurs de diffusion technologique [Grossman *et al.*, 1991b ; GIEC, 2000 ; Keller, 2004], les données sur les échanges de biens environnementaux nous permettent d’identifier des dynamiques de transferts de technologies vertes. Les pays importateurs de ces biens peuvent alors bénéficier des innovations et technologies intégrées, et ainsi instaurer un processus d’appropriation, d’adaptation des biens aux besoins locaux et enfin d’imitation et de réplique. *« Comme les technologies peuvent être transférées [dans leur] forme directe ([comme] intégrées) à travers le commerce de biens et services, de telles formes de transferts seraient reflétées dans les données commerciales. Toutefois, cela nécessite l’identification des secteurs et des classifications de produits qui représentent les technologies "environnementales" »* [Jonhstone *et al.*, 2009, p.13].

Afin d’analyser les échanges de biens environnementaux et l’acquisition chinoise de technologies environnementales, trois précisions d’ordre méthodologique et analytique doivent être apportées :

⁴⁸ Les données sur les échanges de biens environnementaux sont tirées de ICTSD, 2008, *Environmental priorities and Trade Policy for Environmental Goods : A reality Check*, Issue Paper, N°7, Septembre. Les données sur les échanges commerciaux totaux sont issues de la base de données *Comtrade* des Nations-unies, disponible à l’adresse <<http://comtrade.un.org/db/default.aspx/>>

- Les biens environnementaux sont désignés grâce aux codes du SH fournis par la liste de l'OCDE et les données concernant les échanges de ces biens sont tirés de la base *ComTrade* (Cf. la liste des biens environnementaux de l'OCDE et les codes du SH correspondants dans l'Annexe 4).
- La méthodologie pour identifier une dynamique de diffusion technologique repose sur l'analyse de l'évolution de la balance commerciale chinoise dans ces biens. Nous retenons alors l'hypothèse selon laquelle un renversement du solde de la balance commerciale reflète l'acquisition de technologies étrangères. Comme le soulignent Martinot *et al.* (1997), « *la Chine a déjà une certaine capacité pour le développement domestique de technologies liées aux gaz à effet de serre (...). Mais les transferts de technologies depuis d'autres, principalement les pays développés, ont été des éléments importants dans les différentes stratégies de la Chine pour le développement de capacités domestiques. La Chine a ciblé une variété de technologies pour les importations, telles que les équipements de désulfuration des gaz de combustion, les moteurs électriques et les éclairages plus efficaces, les turbines éoliennes, et les équipements pour les procédés industriels des métaux, des matériaux de construction, des produits chimiques et autres industries intensives en énergie. Plutôt que d'essayer de réinventer la roue, la Chine cherche à "sauter", à travers des transferts, vers le niveau des pays technologiquement avancés* » [Martinot *et al.*, 1997, p.384]. 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, afin d'en maîtriser le contenu technologique et de devenir exportateur net [Artus *et al.*, 2011]. Il est important de préciser qu'il existe un décalage temporel entre la baisse des importations et la croissance des exportations pour les biens environnementaux sélectionnés, reflétant la temporalité nécessaire à toute diffusion technologique effective [Blackman, 2002]. Cette analyse nous permet alors d'identifier les principaux secteurs environnementaux auxquels l'économie chinoise a bénéficié de transferts de technologies incorporés aux flux commerciaux. De part l'étude de la balance commerciale chinoise dans ces biens environnementaux, il est complexe de déterminer avec précision les transferts de technologies provenant du Japon. Nous ferons alors l'hypothèse selon laquelle le Japon, en tant que principal fournisseur de biens environnementaux sur le territoire chinois, a un rôle prépondérant dans la diffusion technologique.
- Toutefois, l'implantation de firmes étrangères sur le sol chinois complexifie l'analyse, étant donné que ces dernières participent aux importations et aux exportations des

technologies environnementales. Pour surmonter partiellement cette difficulté, nous avons exclus de l'analyse empirique les pièces et composants, étant donné qu'ils peuvent être réexportés comme intégrés aux biens finis produits par les FTN⁴⁹. De plus, tous les biens environnementaux sur la liste de l'OCDE (2001a) ne sont pas à forte valeur ajoutée (ex : les centrifugeuses ou encore les machines à broyer les pneumatiques). Nous avons donc sélectionné sur cette liste les biens à fort contenu technologique, et avons exclu les matières premières et autres biens industriels à faible valeur ajoutée.

Le Tableau I.3 présente les secteurs environnementaux analysés par la suite ainsi que les parts du Japon dans les importations chinoises de ces biens. Dans chacun de ces secteurs, nous étudions le reversement du solde de la balance commerciale chinoise par types de biens (hors biens à faible valeur ajoutée et pièces et composants) afin de déterminer l'acquisition de technologies environnementales.

⁴⁹ Dans la liste des biens environnementaux de l'OCDE, sont exclus de l'analyse empirique : Pièces pour compresseurs, ventilateurs, hottes (SH 841490) ; Pièces pour appareils de filtrage (SH 842199) ; Pièces pour appareils à pulvériser des matières en poudre ou liquides (SH 842490) ; Pièces, fours électriques industriels ou de laboratoire (SH 851490) ; Centrifugeuses, pièces (SH 842191) ; Pièces pour turbines hydrauliques (SH 841090) ; Pièces de fours (SH 841790) ; Pièces pour moteurs à allumage par étincelle (SH 840991) ; Pièces pour moteurs diesel ou semi-diesel (SH 840999) ; Pièces d'instruments pour la mesure ou le contrôle des gaz ou des liquides (SH 902690) ; Pièces d'instruments, y compris microtomes (SH 902790) et Pièces pour échangeurs de chaleur (SH 841990).

Tableau I.3. Echanges de biens environnementaux de la Chine et importations en provenance du Japon 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%	6 500 815 207
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%	-	43 297 461 051

Note : L'acronyme TCAM signifie taux de croissance annuel moyen. Nous avons retenus la liste de l'OCDE (2001a).

Source : D'après la base de données *ComTrade* disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

Avant d'analyser en détail les soldes commerciaux dans chacune de ces catégories de biens environnementaux, soulignons d'abord que le Japon est le partenaire commercial privilégié de la Chine dans ce domaine, à l'instar du commerce total de biens manufacturés. Les firmes nippones ont fourni plus de 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 renouvelables (éolien, solaire, hydraulique).

L'analyse empirique des balances commerciales par produits environnementaux de la Chine est déclinée en quatre étapes : nous présentons successivement l'analyse des biens à forte valeur ajoutée dans la catégorie A. « Gestion de la pollution » sous-catégories :

- A.1 « Contrôle de la pollution de l'air »,
- A.2. « Gestion des eaux usées »,
- A.3 « Gestion des déchets solides ».
- Afin d'analyser les balances commerciales des « produits et technologies liés aux énergies renouvelables », nous utilisons les codes du SH les plus récents qui sont fournis dans le rapport de 2005 [OCDE, 2005e].

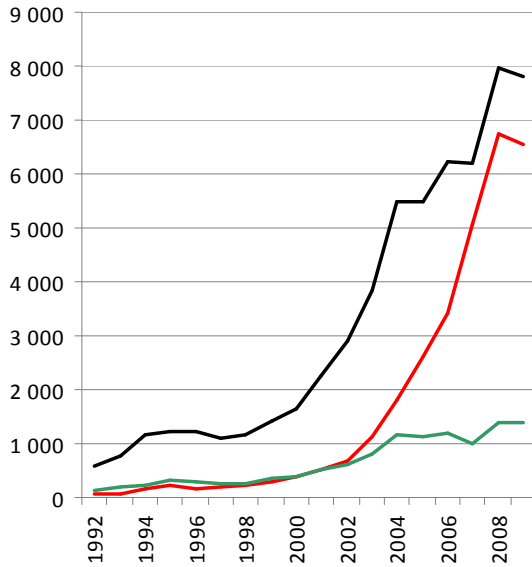
Nous présenterons alors dans chacune de ces catégories les biens pour lesquels nous avons pu identifier un renversement du solde de la balance commerciale, témoignant de l'appropriation de technologies importées. Nous n'avons pas identifié de renversement du solde de la balance commerciale chinoise dans les sous-catégories A.4, A.5, A.6, ainsi que les catégories B. « Technologies et produits moins polluants » et C. « Gestion des ressources ». Les données concernant ces catégories ne sont alors pas présentées dans ici.

- **Catégorie A. « Gestion de la pollution »**

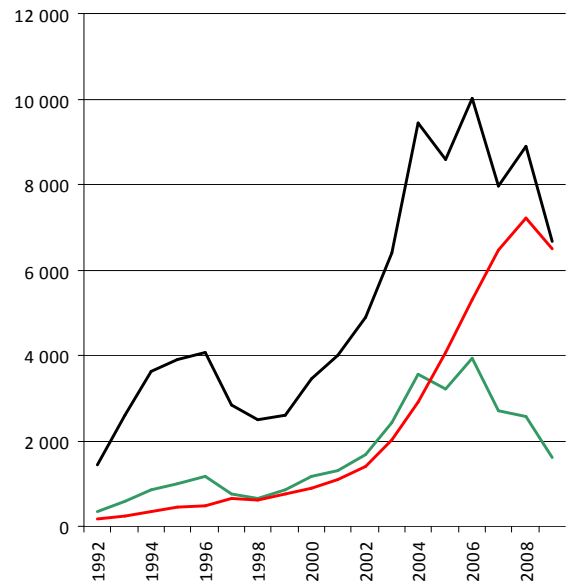
La Chine connaît une balance commerciale déficitaire dans les biens visant la gestion de la pollution (atmosphérique, marine et terrestre), sachant que les firmes chinoises importent dans cette catégorie en priorité des biens permettant de traiter les eaux usées, des appareils de monitoring environnemental, des technologies permettant de réduire la pollution atmosphérique ainsi que les déchets solides. Les Graphiques I.9 décrivent l'évolution de la balance commerciale chinoise dans cette sélection de biens permettant de gérer la pollution.

Graphiques I.9 Flux commerciaux chinois dans les biens environnementaux Catégorie A.
 « Gestion de la pollution » et importations en provenance du Japon

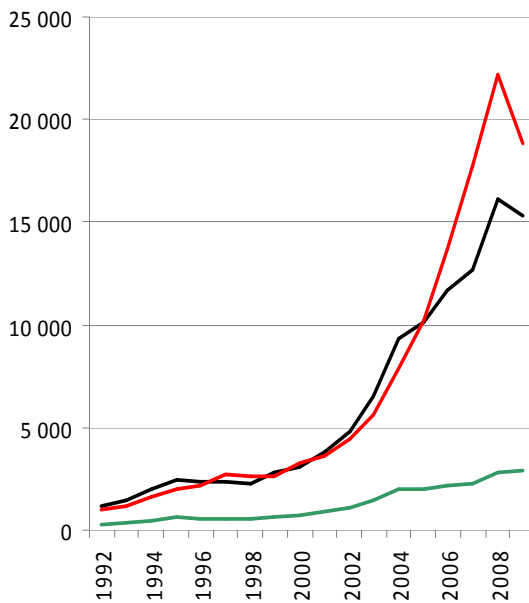
A.1. Contrôle de la pollution de l'air (en millions)



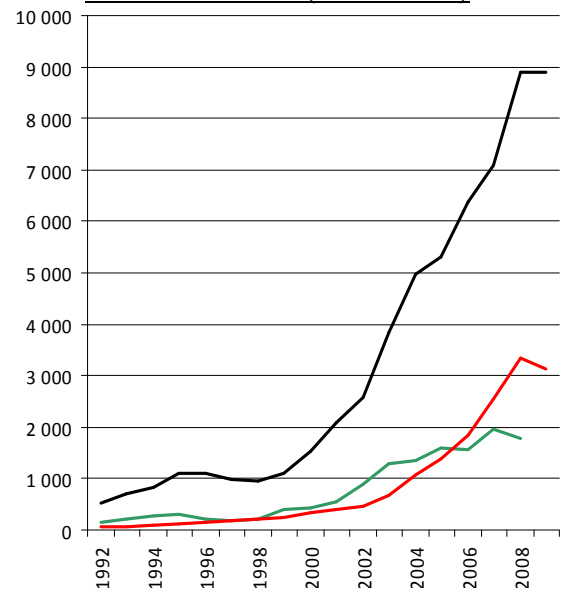
A.3. Gestion des déchets solides (en millions)



A.2. Gestion des eaux usées (en millions)



A.6. Surveillance, analyse et évaluation de l'environnement (en millions)



Légende : — Importations totales — Importations depuis le Japon — Exportations totales

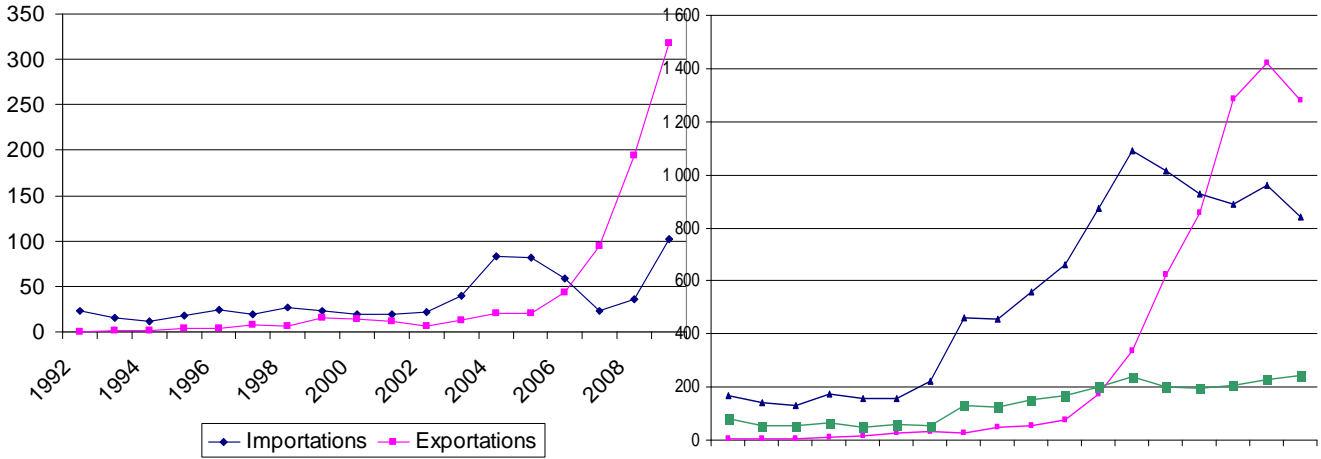
Source : D'après la base de données ComTrade disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

○ **Sous-catégorie A1 « Contrôle de la pollution de l'air »**

La croissance des importations et exportations de biens permettant de réduire la pollution de l'air a été la plus forte à partir du début des années 2000, témoignant de la prise de conscience de la société chinoise des exigences liées aux changements climatiques et au Protocole de Kyoto. 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...), représente près de 16% des importations chinoises de biens environnementaux, sachant que l'économie chinoise est devenue un marché attractif pour les firmes nippones, attirant jusqu'à 18% de leurs exportations en 2009.

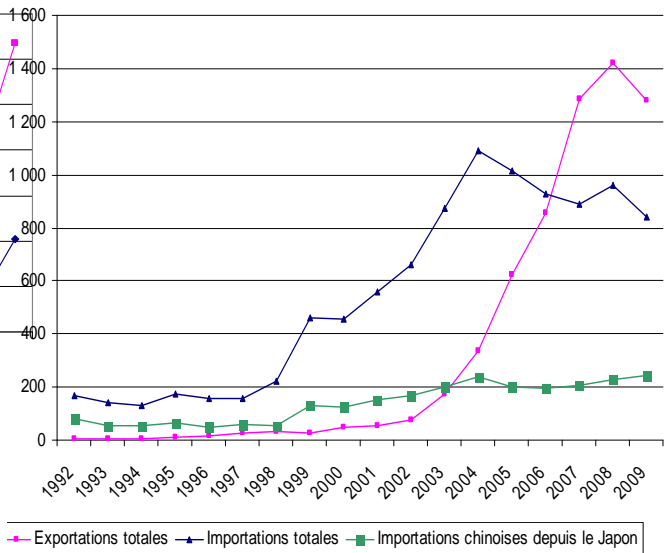
L'analyse de la balance commerciale chinoise dans les biens de haute technologie permettant de lutter contre la pollution atmosphérique met en évidence un processus d'acquisition des technologies importées achevé pour trois d'entre eux, alors que cette dynamique d'apprentissage ne semble pas aboutie pour le reste des biens de haute technologie dans cette catégorie. Ainsi, les Graphiques I.10, 11 et 12 exposent les niveaux d'exports et d'imports (totaux et depuis le Japon) respectivement pour les appareils pour la liquéfaction de l'air et d'autres gaz (utilisés comme séparateurs dans la lutte contre la pollution atmosphérique), les compresseurs de types utilisés dans les équipements frigorifiques ainsi que les compresseurs montés sur châssis à roues et remorquables.

Graphique I.10. Exportations et importations chinoises d'appareils pour la liquéfaction de l'air et d'autres gaz (code SH 841960) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



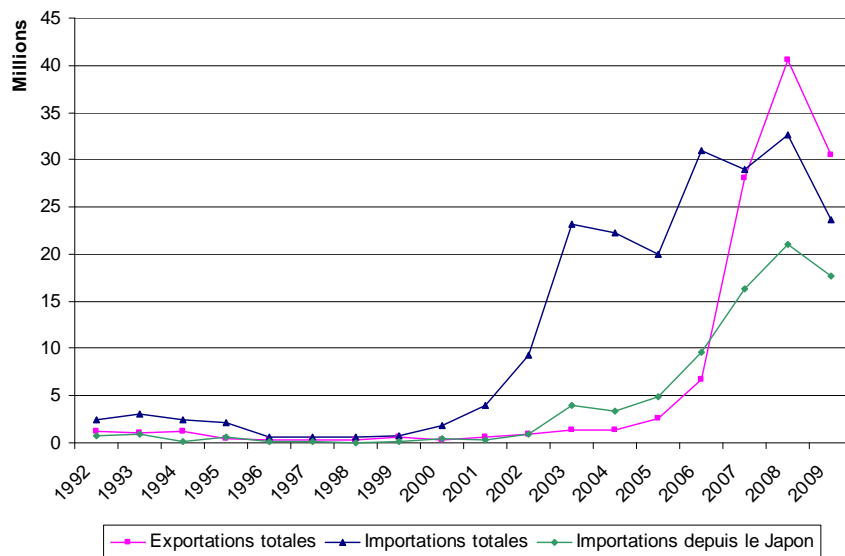
Source : D'après la base de données ComTrade disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

Graphique I.11. Flux commerciaux chinois et importations en provenance du Japon de compresseurs de type utilisés dans les équipements frigorifiques (code SH 841430) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Source : D'après la base de données ComTrade disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

Graphique I.12. Flux commerciaux chinois et importations en provenance du Japon de compresseurs montés sur châssis à roues et remorquables (code SH 841440) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Source : D'après la base de données ComTrade disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

La croissance des exportations chinoises de ces types de biens environnementaux à partir du début des années 2000, après une dynamique de ralentissement de la croissance des importations, témoigne d'un processus d'apprentissage de la part des firmes chinoises des technologies importées et d'une appropriation de ces dernières. Cette évolution peut être de même expliquée par l'adhésion de la Chine à l'OMC en 2001, lui permettant 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. Bien que l'intégration de la Chine dans l'Organisation lui ait permis de profiter de perspectives de marché élargies, cet argument ne permet pas d'expliquer le ralentissement des importations depuis le Japon et le reste du monde. En outre, l'étude des autres biens de haute technologie classés dans cette catégorie ne nous permet pas d'identifier un processus d'acquisition de ces technologies vertes⁵⁰. Toutefois, bien que connaissant des balances commerciales négatives dans le commerce des fours à résistance électriques industriels ou de laboratoires (SH 851410) ainsi que dans les fours industriels ou de laboratoire fonctionnant par induction ou par pertes diélectriques (SH 841520), les exportations chinoises de ces types de biens sont en croissance, témoignant d'un processus actuel d'appropriation technologique.

○ **Sous-catégorie A.2 « Gestion des eaux usées »**

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, passant de 1.17 milliards à plus de 15 milliards en 2009. Les importations chinoises dans cette catégorie de produits représentent un tiers des importations chinoises de biens environnementaux. A l'instar des importations de biens permettant de traiter la pollution atmosphérique, les importations dans cette catégorie environnementale ont augmenté significativement à partir des années 2000, témoignant de la prise de conscience de la société chinoise de la nécessité de traiter ses problèmes environnementaux et des enjeux liés à la gestion des ressources en eau dans les 10^{ème} et 11^{ème} plan quinquennaux chinois [National Development and Reform Commission (NDRC), 2006]. En effet, la question de la qualité de l'eau potable reste un problème important en Chine. Selon l'OCDE, en 2007, dans près de la

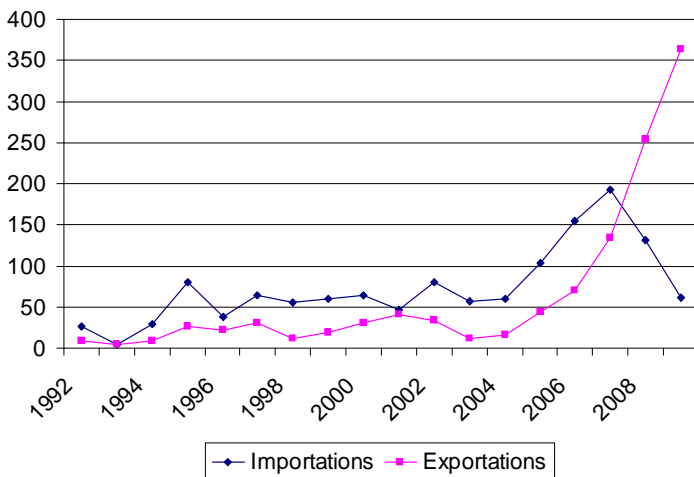
⁵⁰ N'a pas été identifiée de dynamique de transferts de technologies dans les cas des pompes à vide (SH 841410), des compresseurs d'air et à gaz (SH 841480), des appareils pour le traitement thermique des matières (SH 841989), ainsi que des incinérateurs non électriques (SH 841780).

moitié des grandes villes chinoises les normes relatives à la qualité de l'eau potable ne sont 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. Environ un tiers des cours d'eau, trois quart des principaux lacs et un tiers des eaux côtières en Chine sont fortement pollués (pour une présentation des enjeux aux horizons 2015 et 2030 liés à la préservation de cette ressource en Chine, voir Taithe (2007)). 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 (même si des efforts considérables ont été faits pour réduire les rejets industriels de produits chimiques) et à l'utilisation excessive d'engrais chimiques et de pesticides dans les zones agricoles [OCDE, 2007]. La croissance des importations d'équipements traitant les eaux usées et permettant de récupérer les carburants et produits chimiques dénote alors une volonté politique de renverser la tendance et d'améliorer la qualité des ressources.

Plus précisément, le Japon demeure un fournisseur important de biens permettant de dépolluer et de traiter les eaux usées en Chine, fournissant en 2009 près de 19% des importations chinoises. L'étude des balances commerciales des biens de haute technologie permettant de gérer les eaux usées nous a permis d'identifier des dynamiques de transferts de technologies pour deux types de biens : les appareils pour l'épuration des eaux usées (SH 842121), et les turbines hydrauliques (SH 841000-13). A l'inverse, la Chine reste importatrice nette de centrifugeuses (SH 842119), d'instruments pour la mesure du débit ou du niveau des liquides (SH 902610), d'instruments pour la mesure ou le contrôle de la pression (SH 902620) et de pompes alternatives électriques (SH 841350); et ceci malgré une croissance significative des exportations de ces technologies depuis le milieu des années 2000. Le Graphique I.13 représente la croissance 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 production 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 (Cf. Graphique I.14). Du même ordre, l'économie chinoise maîtrise le contenu technologique de la production d'appareils pour l'épuration des eaux usées (Cf. Graphique I.15) depuis le milieu des années 2000. Ce phénomène est également attribuable à la dynamique chinoise d'ouverture internationale

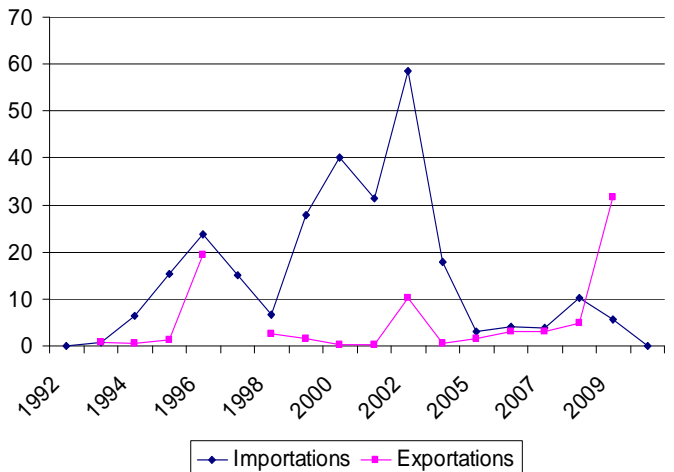
depuis la fin des années 1990. Ainsi, la remontée en gamme technologique de l'économie chinoise peut être attribuée, d'une part, à ses importations de biens environnementaux et à l'appropriation des technologies incorporées, et d'autre part, à la localisation de FTN étrangères sur son territoire engendrant des effets d'apprentissage et d'entraînement ; ces dernières pouvant être à l'origine des exportations de ces biens gérant les eaux usées dont le contenu technologique est élevé.

Graphique I.13. Exportations et importations chinoises de turbines hydrauliques (code SH 841000) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Source : D'après la base de données *ComTrade* disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

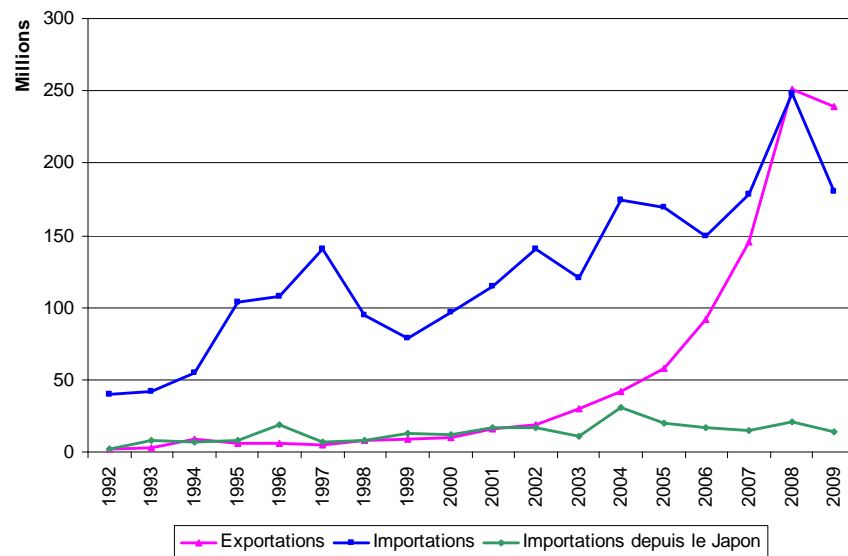
Graphique I.14. Exportations et importations chinoises de turbines hydrauliques sup. à 10 000 KW (code SH 841013) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



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

Source : D'après la base de données *ComTrade* disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

Graphique I.15. Flux commerciaux chinois et importations en provenance du Japon d'appareils pour l'épuration des eaux usées (code SH 842121) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)



Source : D'après la base de données *ComTrade* disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

- **Sous-catégorie A.3 « Gestion des déchets solides »**

Cette dynamique d'acquisition de technologies vertes est également identifiée pour les équipements de traitement et de réutilisation du sable pour les fonderies (SH 847439). La balance commerciale chinoise dans ces technologies est devenue excédentaire à partir de 2007, après un ralentissement des importations depuis le Japon et le reste du monde⁵¹.

En dernier lieu, nous n'avons pu identifier de dynamique de transferts de technologies dans les sous-catégories A.4 « Dépollution et assainissement », A.5. « Lutte contre le bruit et les vibrations » et A.6 « Surveillance et analyse de l'environnement ». Dans cette dernière sous-catégorie, la Chine reste importatrice nette de ces biens dont la production nécessite de fortes dotations capitalistiques (spectromètres, chromatographes, pyromètres, analyseurs de gaz et de fumées...). Nous n'avons également pas déterminé d'acquisition de technologies étrangères de la part de la Chine dans la catégorie B. « Technologies et produits moins polluants ».

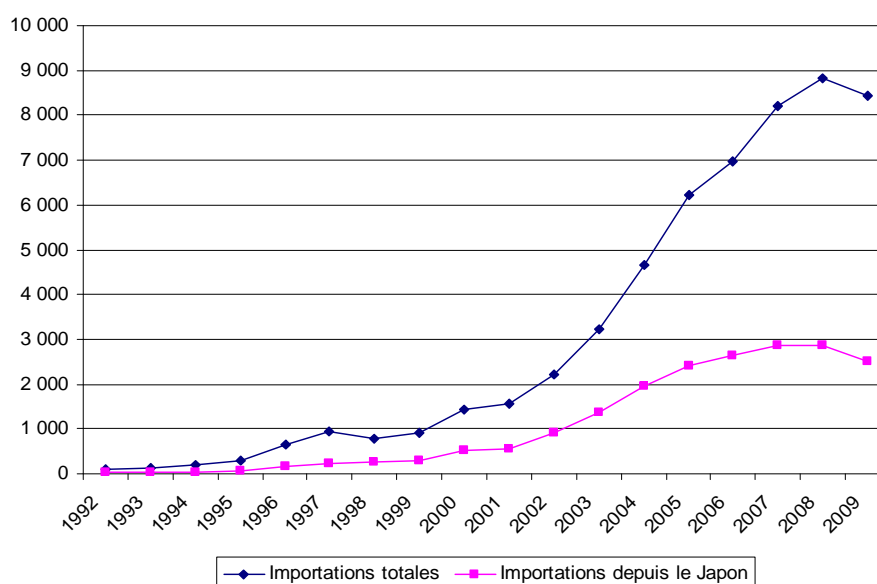
⁵¹ L'économie chinoise demeure importatrice nette de lasers (SH 901320), de machines et appareils servant à nettoyer ou à sécher les bouteilles (SH 842220), et de machines à concasser, mélanger (SH 847982).

- « **Produits et technologies liés aux énergies renouvelables** »

Les produits et technologies liés aux énergies renouvelables ne sont pas classés par l'OCDE comme biens environnementaux *stricto sensu* dans sa classification initiale de 2001 ; mais le rapport de 2005 fait état des enjeux bénéfiques pour l'environnement de la libéralisation des technologies permettant une utilisation de l'énergie hydraulique, éolienne ou solaire⁵² [OCDE, 2005e]. Afin d'analyser les flux commerciaux relatifs à ces technologies, nous utilisons les codes du SH fournis dans ce rapport de l'OCDE de 2005.

D'après les données relatives à ces technologies, la Chine a importé pour 8.4 milliards de biens enregistrés comme mettant en valeur des sources d'énergie renouvelables 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 I.16 présente la croissance des importations chinoises totales et depuis le Japon des biens d'exploitation de sources d'énergie renouvelables depuis le début des années 2000.

Graphique I.16 Importations totales de la Chine et depuis le Japon de produits et technologies liés aux énergies renouvelables (en millions de dollars) entre 1992 et 2009



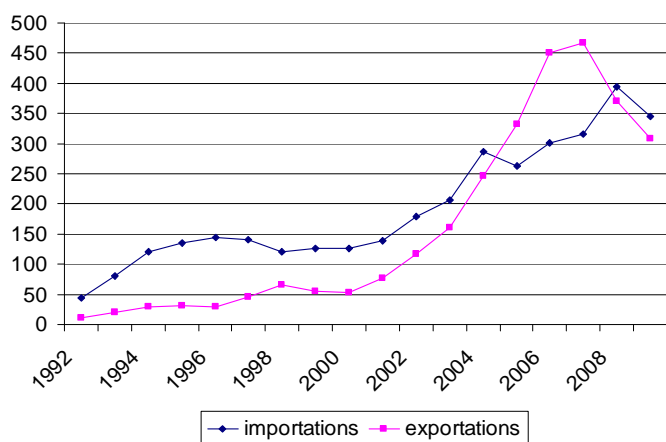
Source : D'après la base de données *ComTrade* disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

⁵² Une liste des technologies permettant une utilisation des sources d'énergie renouvelables est disponible en Annexe 8.

Plus précisément, la Chine est devenue exportatrice nette de pompes éoliennes à partir de l'année 2005, ses exportations atteignant leur valeur maximale en 2007 : 467 millions de dollars contre 315 millions de dollars d'importations (Cf. Graphique I.17). L'analyse de Martinot *et al.* (1997) sur les transferts de technologies environnementales en Chine avait déjà mis en évidence la stratégie de substitution des importations suivie par la Chine concernant les turbines éoliennes [Martinot *et al.*, 1997, p.384].

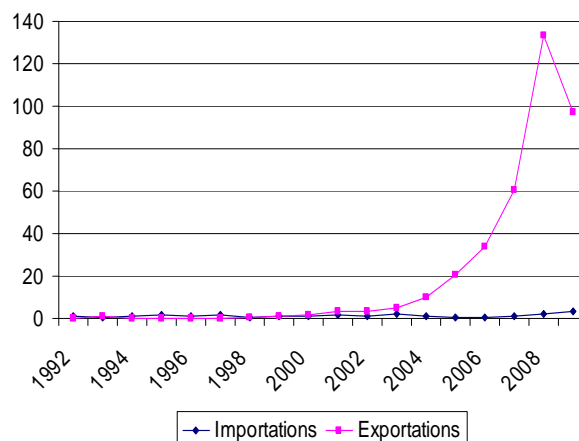
De plus, la position chinoise dans la production et l'exportation de technologies solaires thermiques – comme les chauffe-eaux solaires (Graphique I.18) – est particulièrement importante depuis le début des années 2000. Sur la problématique du photovoltaïque, les recherches de De La Tour, Glachant et Menière (2010) démontrent que le développement de cette industrie en Chine a été possible grâce aux transferts de technologies depuis les pays développés au cours des quinze dernières années. Les auteurs analysent différents canaux de transfert (commerce de biens d'équipement, mobilité du facteur travail, IDE, contrats de licences) et mettent en évidence que « *les industriels chinois ont bénéficié de transferts de technologies mises au point dans les pays développés à travers deux principaux canaux : le commerce international d'équipements de production (...), et la circulation de main-d'œuvre qualifiée recrutée dans la diaspora chinoise. Le faible coût de la main-d'œuvre et de l'énergie en Chine a donné aux entreprises locales des avantages comparatifs leur permettant de tirer profit de ces technologies pour dominer le marché des cellules et panneaux photovoltaïques* » [De La Tour *et al.*, 2010, p.21]. Les auteurs soulignent toutefois que les entreprises chinoises ne maîtrisent le contenu technologique que de la partie aval de la filière.

Graphique I.17. 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* disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

Graphique I.18. Importations et exportations chinoises de chauffe-eaux non électriques – chauffe-eaux solaires (code SH 8419.19) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)

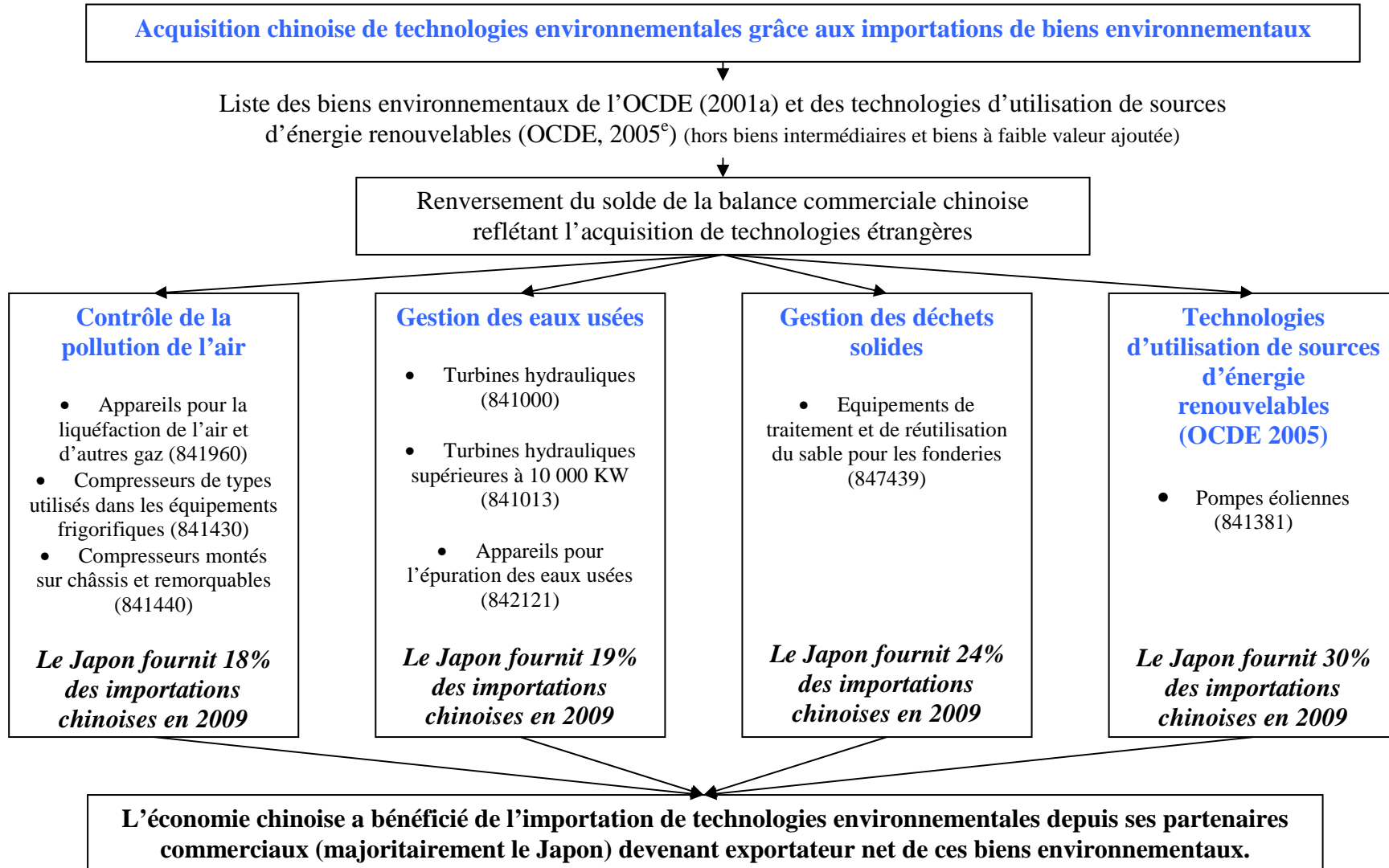


Source : D'après la base de données *ComTrade* disponible à l'adresse <<http://comtrade.un.org/>>.

Au terme de cette section, malgré la difficulté à appréhender la diffusion technologique intégrée aux flux commerciaux, les données de la base *ComTrade* sur les échanges de biens environnement ont permis d'identifier certains secteurs pour lesquels la Chine a bénéficié de transferts de technologies depuis ses partenaires commerciaux. Le Japon est son partenaire commercial privilégié et ses avancées technologiques dans la sphère environnementale ont favorisé un processus de remontée de gamme de l'industrie chinoise pour certains de ces biens environnementaux. Ces résultats permettent alors d'identifier des tendances de transferts et démontrent que la Chine ne reste pas importateur net de technologies mais a favorisé un processus d'absorption des technologies importées (Cf. Schéma I.4).

Afin d'approfondir ces résultats, la section suivante a pour objet de tester économétriquement les relations entre les flux entrant sur le territoire chinois et le « verdissement » de sa croissance économique (illustrée par le déclin de l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois).

Schéma I.4. Propos d'étape de la Section 2 du Chapitre 1 – Echanges de biens environnementaux et diffusion technologique



SECTION 3. FLUX COMMERCIAUX ET QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT : ANALYSE EMPIRIQUE

Les résultats des études empiriques liant commerce international et qualité de l'environnement sont contrastés selon les polluants étudiés : le commerce serait bénéfique pour l'environnement si l'on étudie certains gaz comme le dioxyde de soufre, alors que la relation n'a pas été démontrée empiriquement dans le cas du dioxyde de carbone [Antweiler *et al.*, 2001 ; Cole *et al.*, 2003 ; Frankel *et al.*, 2005]. Cette dernière section a alors pour objectif d'analyser cette relation entre les flux économiques entrant en Chine (globaux et depuis le Japon) et l'efficacité environnementale et énergétique de son économie. La dynamique de transferts de technologies environnementales est alors implicite dans cette relation entre commerce et environnement : c'est parce que le commerce international possède une propriété « technique » que ces flux peuvent favoriser l'amélioration de la qualité de l'environnement. De ce fait, le premier temps de cette section présente les principales études analysant les relations entre les flux économiques et la qualité de l'environnement (3.1). Ensuite, l'analyse empirique effectuée dans le second temps de cette section vise à spécifier cette relation entre flux entrants en Chine et « verdissement » de la croissance économique chinoise. Les estimations effectuées montrent alors que le contenu « vert » des importations de biens de haute et moyenne technologie depuis le Japon est supérieur à celui des importations de ces types de biens depuis le reste du monde (3.2).

3.1 Quantifier la relation entre les échanges internationaux et la qualité de l'environnement

Cette sous-section a pour objectif de présenter les résultats des principales études empiriques analysant les relations entre les flux économiques et la qualité de l'environnement. Les effets globaux de la libéralisation commerciale apparaissent alors controversés : le commerce conduit à diminuer les émissions de certains polluants (dioxyde de soufre, demande biochimique en oxygène (DBO)⁵³ [Antweiler *et al.*, 2001 ; Cole *et al.*, 2003 ; Frankel *et al.*, 2005], alors que celle relation n'a pu être mise en évidence dans le cas du

⁵³ 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.

dioxyde de carbone. De plus, les études empiriques analysant les relations entre les flux de BSE et les émissions de polluants montrent une relation positive entre ces variables : les importations de biens environnementaux contribuent à améliorer la qualité de l'environnement [Teh *et al.*, 2004 ; ICTSD, 2008].

- ***Flux économiques et qualité de l'environnement***

Antweiler, Copeland et Taylor, dans leur article de 2001 publié dans *The American Economic Review*, ont construit un modèle théorique pour examiner les effets de l'ouverture internationale sur les émissions de dioxyde de soufre, en analysant les effets d'échelle, technique et de composition (Cf. Section 1). Les auteurs montrent que le commerce international engendre des variations dans les concentrations de dioxyde de soufre, par le biais de la composition des trois effets modifiant la production nationale et l'intensité polluante de l'économie. Ainsi, « *si la libéralisation commerciale augmente le PIB par personne de 1%, alors les concentrations de pollution diminuent de près de 1%. Le libre-échange est bon pour l'environnement* » [Antweiler *et al.*, 2001, p. 878]. Plus précisément, l'élasticité de l'effet d'échelle est de 0.3, l'élasticité de l'effet de composition est de 1 alors que celle de l'effet technique est de -1.2. Ainsi, une augmentation du produit national brut (PNB) de 1% réduit les émissions de dioxyde de soufre de 1.2%. C'est par le biais d'un effet technique que le commerce international influence négativement les émissions de SO₂. 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.

Se concentrant sur l'effet de composition du commerce international, Cole et Elliott (2003) ont montré que l'ampleur de cet effet serait faible, relativement à celle de l'effet d'échelle et de l'effet technique. En outre, l'effet de la libéralisation commerciale sur le niveau de pollution global dépend du type de polluants étudié et des indicateurs choisis (émissions par habitant *versus* émissions par points de valeur ajoutée). Ces auteurs ont montré que l'effet technique domine l'effet d'échelle pour le SO₂, une augmentation du commerce de 1% générant une réduction des émissions par habitant de 1.7%. Les résultats pour la demande biochimique en oxygène sont similaires, alors que la libéralisation commerciale influence négativement la qualité de l'environnement lorsqu'elle est illustrée par les émissions d'oxyde

d'azote (NO_x) et de CO_2 . Managi (2004) a enregistré des résultats analogues en utilisant les données pour 63 pays entre 1960 et 1999 : l'ouverture commerciale augmente les émissions de CO_2 avec une élasticité de 0.597. Les travaux de Frankel et Rose (2005) montrent également qu'une ouverture au commerce international réduit fortement les émissions de SO_2 , de dioxyde d'azote et de matières particulaires, alors que les émissions de CO_2 augmentent avec l'ouverture internationale.

Néanmoins, les effets du commerce international sont différents selon le niveau de développement des pays. Heil et Selden (2001), à partir des données sur 132 pays entre 1950 et 1992, ont montré que le commerce conduit à une augmentation des émissions de CO_2 dans les pays à bas revenus, alors que la libéralisation commerciale réduit ces émissions dans les PID. Ces recherches s'intègrent plus largement dans le débat sur la courbe environnementale de Kuznets [Stern, 2004 ; Cf. Encadré I.5], indiquant que les pressions environnementales augmentent 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 diminuent avec l'accroissement du revenu.

Encadré I.5 La courbe environnementale de Kuznets

Le concept de la Courbe Environnementale de Kuznets (CEK) a émergé au début des années 1990 par les travaux de Grossman et Krueger (1991b), la relation de Kuznets ayant été reprise par la Banque Mondiale dans son rapport sur le développement de 1992 [Banque Mondiale, 1992]. La CEK est une relation entre le degré de développement économique (identifié par le niveau de revenu par habitant) et les dégradations environnementales. Plus précisément, cette relation prend la forme d'une courbe en U inversé : les dégradations environnementales augmentent avec l'accroissement des revenus, mais au-delà d'un certain niveau de revenu par habitant correspondant au point de retournement de la courbe (approximativement 8 000 dollars [Harbaugh *et al.*, 2002]), la relation tend à s'inverser et un accroissement des revenus s'accompagne d'une amélioration de la qualité de l'environnement. Au-delà de ce niveau de développement économique, la tertiarisation de l'économie, la modernisation des appareils productifs ou encore l'accroissement des préoccupations environnementales expliquent le renversement de la relation.

Toutefois, la CEK est essentiellement un phénomène empirique, dont les hypothèses, les données utilisées et les démonstrations ont donné lieu à de vifs débats [Llorca *et al.*, 2009]. D'abord, bien que la relation apparaisse pour des polluants ayant des impacts locaux tels que le dioxyde de soufre ou encore les oxydes d'azote, elle n'a pu être vérifiée dans de nombreux travaux s'attachant au dioxyde de carbone. De plus, lorsque la relation de Kuznets a été démontrée pour les émissions de CO₂ par habitant, les résultats empiriques divergent quant au niveau de revenu *per capita* permettant un retournement de la courbe : les points de retournement varient entre 4000 et 40 000\$ *per capita* selon les analyses économétriques mobilisées (pour une présentation des études empiriques de la CEK, voir Gallagher, 2009). Ensuite, si l'on suit la logique de cette courbe, le remède aux dégradations environnementales résiderait simplement dans l'accroissement de l'activité économique, cette relation ne prenant pas en compte les questions d'irréversibilité des dommages environnementaux. Enfin, les conclusions de la relation de la CEK en termes de politiques publiques sont également à prendre avec précaution : toute politique environnementale deviendrait inutile étant donné que l'accroissement de l'activité économique résoudrait à lui seul les problèmes environnementaux [Brechet, 2009].

Sources : BANQUE MONDIALE, 1992, *Rapport sur le développement dans le monde 1992 – Le développement et l'environnement*, The World Bank, Washington D.C.

BRECHET T., 2009, Croissance économique, environnement et bien-être, *La Lettre de l'AFSE*, N°74, pp.9-13.

GROSSMAN G.M. et KRUEGER A.B., 1991b, *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*, National Bureau of Economic Research Working Paper, N°3915, NBER, Cambridge MA.

GALLEGHER K.P., 2009, Economic Globalization and the Environment, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol.34, pp.279-304.

HARBAUGH W., LEVINSON A., WILSON D., 2002, Re-Examining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve, *Review of Economics and Statistics*, Vol.84, N°3, pp.541-555.

LLORCA M. et MEUNIE A., 2009, SO₂ Emissions and the Environmental Kuznets Curve : the Case of Chinese Provinces, *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, Vol.7, N°1, pp.1-16.

Se concentrant sur l'économie chinoise, Zheng et Eastin (2007) ont analysé les effets de l'ouverture économique sur les émissions de polluants en utilisant la méthode des moindres carrés ordinaires. Les données sur les émissions de dioxyde de soufre, de suie et de déchets solides ont été désagrégées par province chinoise pour la période 1996-2004. Les quatre variables testées dans ce modèle ont été les variables :

- *Openess* (somme des exportations et importations des provinces rapportées au PIB de la province)
- *Foreign direct investment* (flux d'IDE entrants par an et par province)
- *Impgdp* mesurant la part des importations dans le PIB
- *Expkgdp* mesurant la part des exportations dans le PIB de chaque province.

Les résultats montrent une corrélation négative entre toutes les variables dépendantes citées précédemment et le niveau d'émissions de matières polluantes ; sachant que les coefficients sont très faibles dans le cas des variables *Openess*, *Expdp* et *Impdp* (les coefficients de corrélation s'élèvent respectivement à -0.006^{***54} , -0.008^{***} et -0.008^{***} pour les émissions de dioxyde de soufre ; -0.007^{***} , -0.011^{**55} et -0.010^{**} pour les émissions industrielles de suie et -0.006^{***} , -0.011^{***} et -0.006^{**} pour les émissions de déchets solides). Il apparaît alors que la seule variable impactant réellement sur les émissions de polluants de manière négative recouvre les flux d'IDE, le coefficient de corrélation étant négatif et significatif entre ces flux et les émissions de dioxyde de soufre (-0.215^{***}), les émissions industrielles de suie (-0.208^{**}) et les déchets solides (-0.185^{***}).

Cette relation positive entre les flux d'IDE entrants et la qualité de l'environnement a également été mise en évidence par les travaux de Mielnik et Golomberg (2002) qui analysent la corrélation entre l'évolution de l'intensité énergétique de vingt PED et celle des IDE entrants. La raison principale avancée pour expliquer cette relation positive réside dans l'acquisition indirecte de technologies modernes contenues dans ces flux. Le coefficient de détermination mis en évidence par les auteurs est particulièrement élevé ($R^2=0.8692$) ; 87% de la variation de l'intensité énergétique est expliquée par la part des IDE dans l'investissement domestique global.

Au terme de cette présentation de la littérature, trois résultats majeurs apparaissent : d'abord, le commerce international conduit à diminuer les émissions de dioxyde de soufre, la demande biochimique en oxygène, ainsi que la consommation énergétique par point de PIB. Ensuite, cette relation positive entre flux commerciaux et qualité de l'environnement n'a pu être mise en évidence dans le cas des émissions de CO_2 en valeur absolue. Enfin, les flux économiques les plus à même d'améliorer la qualité de l'environnement grâce aux dynamiques de transferts de technologies vertes sont les flux IDE entrants étant donné qu'ils engendrent la diffusion des parties tangibles mais aussi intangibles de la technologie.

⁵⁴ Significatif au seuil de 1%.

⁵⁵ Significatif au seuil de 5%.

• ***Flux de biens et services environnementaux et qualité de l'environnement***

Peu d'études empiriques ont été faites sur les impacts économiques et environnementaux d'une libéralisation du commerce des biens environnementaux⁵⁶. 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 ; cette dernière ayant été approximée par l'*Environmental Performance Index* (EPI) qui est un indice composite comprenant 16 indicateurs⁵⁷ et classant les pays selon la satisfaction d'objectifs environnementaux⁵⁸. Les auteurs ont utilisé les données pour 32 pays et la régression linéaire effectuée a démontré une corrélation entre l'EPI et les importations de biens environnementaux importante et significative au 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, il y a bien une relation positive entre les importations de biens environnementaux et la qualité environnementale, même si le sens de la causalité est difficile à déterminer. Plus la qualité de l'environnement dans le pays étudié est bonne et plus sa participation au commerce international de biens environnementaux sera significative. Du même ordre, plus le pays importe des biens environnementaux et plus son classement dans l'EPI sera élevé.

De plus, le commerce international de biens environnementaux est négativement corrélé avec les émissions de polluants. Teh et Bora (2004) ont appréhendé statistiquement ces pollutions par les émissions de NO_x, la demande biochimique en oxygène et la consommation d'énergie par habitant ; ils ont démontré cette corrélation négative à partir des données sur 200 pays. Ainsi, les pays qui participent le plus activement au commerce international de biens environnementaux connaissent moins de pollution et utilisent les ressources énergétiques plus efficacement. Les Graphiques I.19, 20 et 21 représentent les résultats de ces

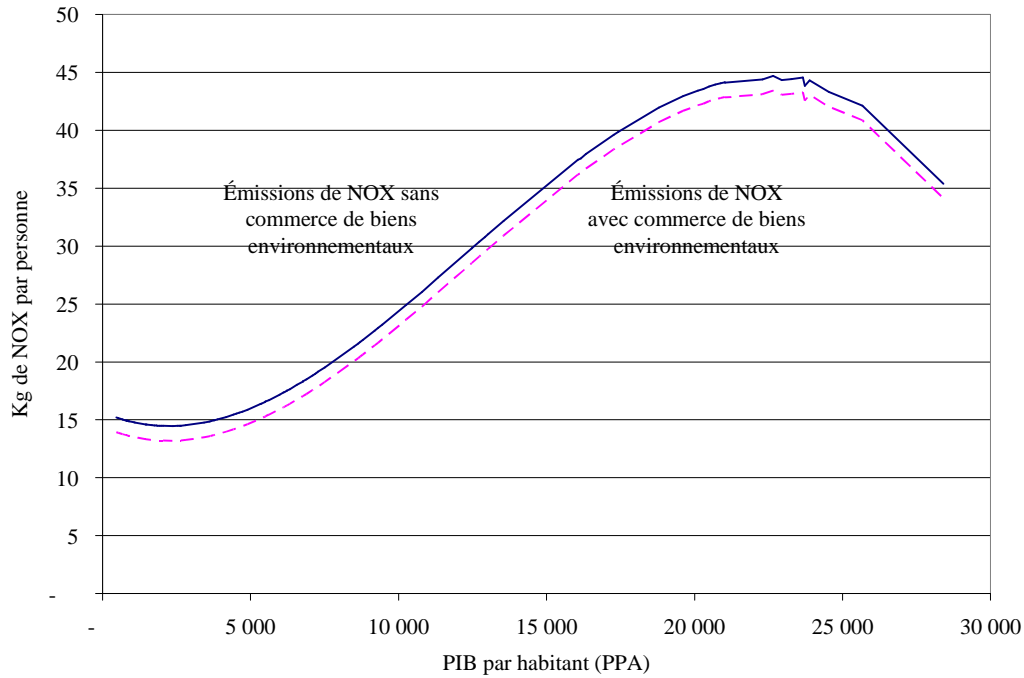
⁵⁶ Récemment, plusieurs études ont analysé l'impact du commerce international (de biens et services environnementaux) sur l'élaboration de politiques environnementales. Les interactions entre le commerce international et la rigidité des politiques environnementales sont largement étudiées dans la littérature [Fees et al., 2002 ; Canton, 2007]. 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].

⁵⁷ Les indicateurs intégrés dans le calcul de l'EPI 2006 sont : taux de mortalité infantile, pollution de l'air intérieur, eau potable, qualité de l'assainissement, particules urbaines, pollutions régionales à l'ozone, émissions d'azote, consommation d'eau, protection de la nature, protection des écorégions, taux de récolte du bois, subventions agricoles, surpêche, efficacité énergétique, parts des énergies renouvelables et émissions de CO₂ par unité de PIB [Informations disponibles sur le site internet de l'EPI <<http://epi.yale.edu/>>].

⁵⁸ Le classement des pays selon l'EPI est disponible à l'adresse <<http://epi.yale.edu/>>.

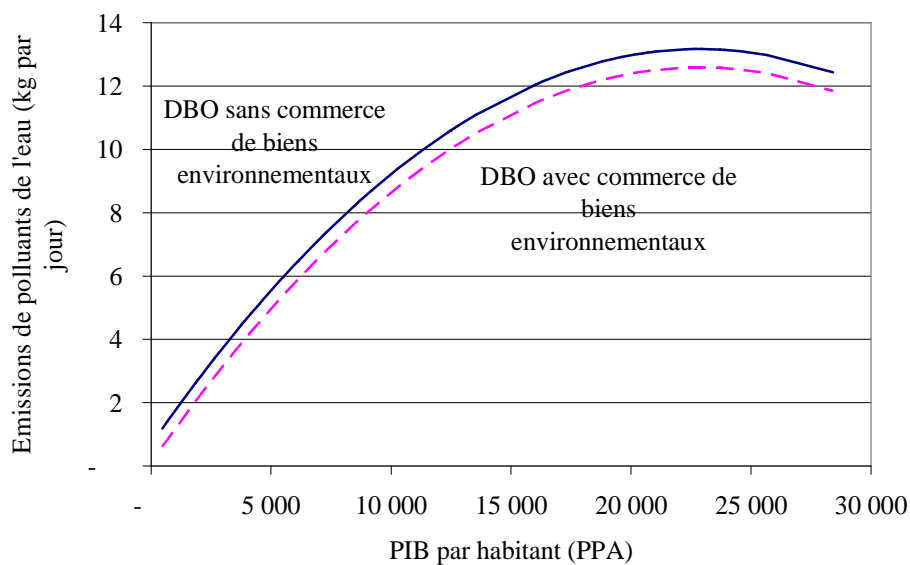
auteurs en mettant en avant l'impact positif du commerce de biens environnementaux sur, respectivement, la diminution des émissions de NO_x, la DBO et la consommation d'énergie.

Graphique I.19. Commerce de biens environnementaux et émissions d'oxyde d'azote (Teh *et al.*, 2004)

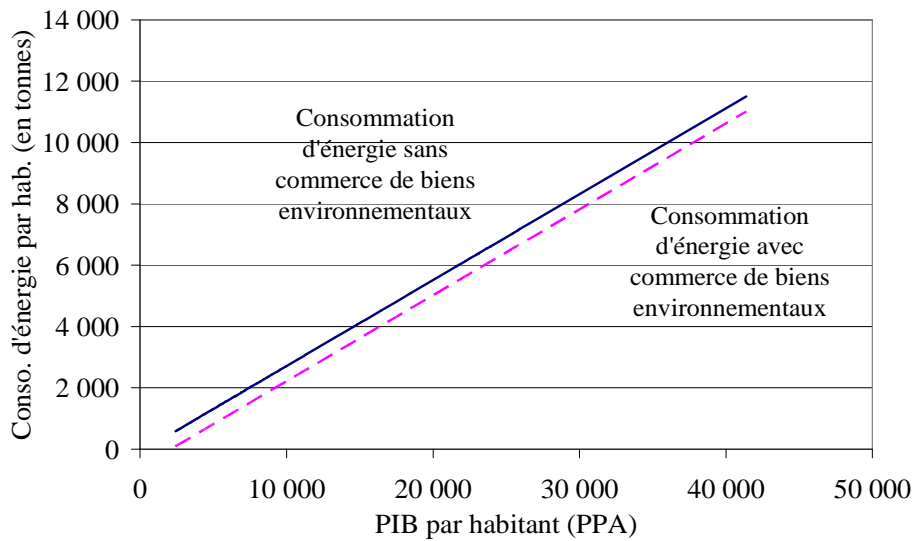


Source : D'après TEH R. *et al.*, 2004, Droits de douane et commerce des biens environnementaux, *Commerce et environnement : Atelier sur les biens environnementaux*, 11 octobre, Organisation Mondiale du Commerce.

Graphique I.20. Commerce de biens environnementaux et demande biochimique en oxygène (Teh *et al.*, 2004)



Source : D'après TEH R. *et al.*, 2004, Droits de douane et commerce des biens environnementaux, *Commerce et environnement : Atelier sur les biens environnementaux*, 11 octobre, Organisation Mondiale du Commerce.

Graphique I.21. Commerce de biens environnementaux et consommation d'énergie (Teh *et al.*, 2004)

Source : D'après TEH R. *et al.*, 2004, Droits de douane et commerce des biens environnementaux, *Commerce et environnement : Atelier sur les biens environnementaux*, 11 octobre, Organisation Mondiale du Commerce.

En d'autres termes, Teh *et al.* (2004) ont mis en évidence que le commerce de biens environnementaux conduit à diminuer la consommation énergétique, les émissions de NO_x et la DBO (pour un même niveau de PIB par habitant et toutes choses égales par ailleurs). De fait, la détermination de cette corrélation entre commerce de biens environnementaux et diminution des émissions de polluants renforce la thèse des organisations internationales selon laquelle la libéralisation commerciale engendre des effets bénéfiques sur l'environnement [Banque Mondiale, 1992 ; 2008 ; OCDE, 2006]. Il convient tout de même de se demander quels sont les canaux d'influence entre les deux types de variables, car la détermination d'une corrélation n'implique pas automatiquement de relation de causalité. Zugravu-Soilita (2009) a identifié deux mécanismes particuliers qui lient diminution de la pollution et commerce de biens environnementaux. Tout d'abord, la **politique environnementale** est le premier facteur influençant cette relation, l'élaboration de cette législation étant fortement liée aux politiques d'ouverture internationale dans le domaine de l'environnement. 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 international de biens environnementaux étant fortement liée à son niveau de développement économique). Les résultats empiriques de Zugravu-Soilita (2009) sur les économies en transition montrent que « *l'intensité du commerce de BE (liste agrégée OCDE + APEC) réduit la pollution de l'air*

par CO₂ via un effet positif sur le revenu. Aucun effet significatif n'a été trouvé pour les émissions de SO₂ » [Zugravu-Soilita, 2009, p.104].

Ainsi, la relation positive 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, premièrement, d'un renforcement des préoccupations environnementales des populations, deuxièmement, d'un accroissement des importations de biens compatibles avec la protection de l'environnement, et enfin troisièmement, d'une modification de la structure productive vers des production 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 aux échanges mondiaux.

La partie suivante a alors pour objet de tester cette relation entre flux économiques et qualité de l'environnement dans le cas de la Chine.

3.2. Commerce international chinois et intensités énergétique et carbonique du PIB

Cette étude empirique a vocation d'estimer une relation statistique entre les flux économiques entrant en Chine (depuis le Japon et tous partenaires commerciaux confondus) et l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois. La dynamique d'acquisition de technologies vertes *via* ces flux est alors implicite dans cette relation, laquelle vise à démontrer la présence de l'effet technique du commerce international. Le premier temps de cette analyse présente les données sélectionnées et les corrélations préliminaires entre les variables, précisant que l'effet revenu du commerce international explique les relations négatives entre les flux économiques entrant en Chine et l'intensité énergétique et carbonique de son PIB (3.2.1). Dans un second temps, les quatre équations estimées mettent en évidence, d'une part, les transferts de technologies environnementales portés par les importations chinoises de biens de haute technologie, et d'autre part, le contenu « vert » des exportations japonaises vers la Chine (3.2.2).

3.2.1. *Variables mobilisées et corrélations préliminaires*

Cette partie a pour objectif de présenter les variables sélectionnées pour l'analyse empirique (3.2.1.1), lesquelles témoignent, d'une part, du « verdissement » de la croissance économique chinoise, et d'autre part, des flux économiques entrant sur son territoire. Les corrélations préliminaires effectuées entre ces variables permettent de mettre en évidence un « effet revenu » au commerce international (3.2.1.2).

3.2.1.1. Variables sélectionnées

Etant donné que les liens statistiques entre émissions de polluants et commerce international ont été partiellement démontrés, nous avons choisi, plutôt que d'utiliser les niveaux d'émissions en valeur absolue comme cela a déjà été fait dans la littérature [Antweiler *et al.*, 2001 ; Zheng *et al.*, 2007], de mesurer le pouvoir explicatif des variables témoignant de la participation de la Chine au commerce international dans le « verdissement » de la croissance économique chinoise.

Le « verdissement » de la croissance économique chinoise a été appréhendé par l'étude de deux indicateurs. D'abord, l'analyse de l'intensité carbonique du PIB chinois permet de mesurer les émissions de CO₂ liées à l'accroissement de la valeur ajoutée chinoise. En d'autres termes, cet indicateur mesure le contenu polluant de la croissance économique. Les améliorations de cet indicateur, qualifié « d'output oriented », « *concernent des domaines aussi variés que les économies d'énergies, l'utilisation d'énergies renouvelables ou faiblement émettrices de dioxyde de carbone, le recyclage des déchets, la limitation des emballages ou l'exploitation forestière. (...) L'ensemble des mesures de rationalisation énergétique destinées à rendre les processus de production et les modes de consommation plus économes en énergie fossile se reflète dans la diminution de l'intensité carbone. Cette dernière constitue donc une synthèse appropriée des résultats de la politique environnementale* » [Trotignon, 2010, p.8]. Ensuite, à l'instar de Mielnik et Goldemberg (2002), nous avons analysé l'évolution de l'intensité énergétique du PIB, afin de déterminer l'efficacité énergétique de la croissance économique chinoise. Les détails de ces deux variables témoignant du « verdissement » de la croissance économique chinoise sont présentés ci-après :

Intensité énergétique du PIB (consommation d'énergie primaire rapportée au PIB chinois exprimé en dollars constants de 2005 et en PPA) (période 1980-2009) issue de la base de données Enerdata⁵⁹.

Intensité carbonique du PIB (émissions de dioxyde de carbone rapportées au PIB chinois en PPA) (période 1980-2009) issue de la base de données Enerdata.

Les variables explicatives sélectionnées témoignent de la participation de la Chine au commerce international. La base de données est constituée des flux d'IDE entrant sur le territoire chinois, des importations de biens d'équipement, de biens intermédiaires, de biens de haute et moyenne technologie et de biens environnementaux. Afin de déterminer dans quelle mesure les relations bilatérales Chine-Japon sont des vecteurs de transferts de technologies vertes plus denses que les flux globaux entrant sur le territoire chinois, nous avons également étudié les flux originaires du Japon. Les détails de ces variables sont présentés ci-dessous :

Flux d'IDE entrants en Chine en millions de dollars exprimés en prix courants et en taux de change courants (période 1980-2009) issus du *World Investment Report* (2010) de la CNUCED (CNUCED, 2010).

Flux d'IDE sortant du Japon et entrants sur le sol chinois (période 1987-2009) issus des statistiques de Japanese External Trade Organization (JETRO)⁶⁰.

Importations chinoises de biens d'équipement (ST4) depuis le reste du monde (période 1980-2009) issues de la base Chelem du CEPPII.

Importations chinoises de biens d'équipement depuis le Japon (période 1980-2009) issues de la base Chelem du CEPPII.

Importations chinoises de biens de haute technologie depuis le reste du monde (période 1980-2009) issues de la base Chelem du CEPPII.

Importations chinoises de biens de haute technologie depuis le Japon (période 1980-2009) issues de la base Chelem du CEPPII.

Importations chinoises de biens de moyenne technologie depuis le reste du monde (période 1980-2009) issues de la base Chelem du CEPPII.

Importations chinoises de biens de moyenne technologie depuis le Japon (période 1980-2009) issues de la base Chelem du CEPPII.

Importations chinoises de biens intermédiaires depuis le reste du monde (période 1980-2009) issues de la base Chelem du CEPPII.

Importations chinoises de biens intermédiaires depuis le Japon (période 1980-2009) issues de la base Chelem du CEPPII.

⁵⁹ Disponible à l'adresse <<http://www.enerdata.net/>>

⁶⁰ Disponible à l'adresse <<http://www.jetro.go.jp/en/reports/statistics/>>

Importations chinoises de biens environnementaux (1992-2009) depuis la base *Comtrade* des Nations-unies selon les codes du SH correspondants.

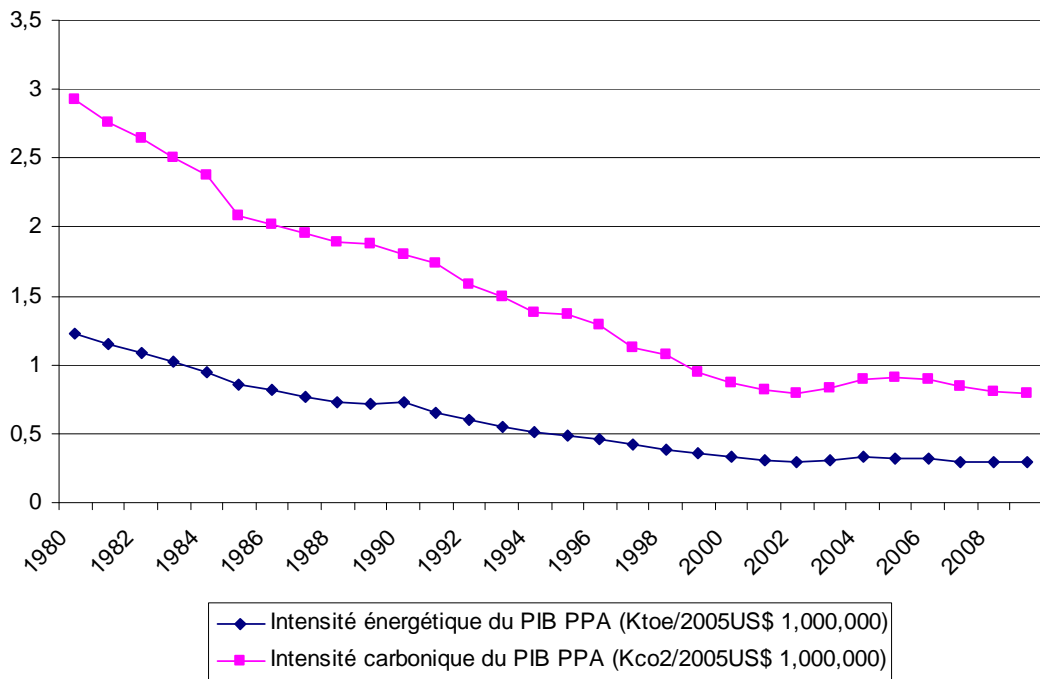
Importations chinoises de biens environnementaux depuis le Japon (1992-2009) depuis la base *Comtrade* des Nations-unies selon les codes du SH correspondants.

Ces variables explicatives ont été exprimées en point de PIB (PIB chinois exprimé en dollars constants de 2005 et en parité de pouvoir d'achat (période 1980-2009, les données sont issues de la base de données Enerdata)), afin de faciliter l'analyse empirique [Zheng et Eastin, 2007]. Toutefois, les IDE entrants totaux sont exprimés en point de la Formation Brute de Capital Fixe (FBCF) chinoise [Mielnik et Goldember, 2002], les données étant directement disponibles sous cette forme dans la base de la CNUCED.

3.2.1.2. Statistiques descriptives

L'évolution des indicateurs témoignant du contenu polluant de la croissance économique chinoise entre 1980 et 2009 (les intensités énergétique et carbonique du PIB exprimé en parité de pouvoir d'achat) est représentée dans le Graphique I.22. Ces deux indicateurs sont décroissants sur la période, même si l'intensité énergétique du PIB semble avoir connu une variation à la baisse légèrement plus importante (-76% entre 1980 et 2009) que l'intensité carbonique du PIB PPA (-73% entre ces mêmes dates). Ces deux indicateurs sont à analyser avec précaution étant donné que leur amélioration ne signifie pas automatiquement une diminution des émissions de carbone ou une rationalisation de la consommation d'énergie, mais simplement un accroissement du PIB plus rapide que celui de la consommation d'énergie primaire et des émissions de CO₂.

Graphique I.22. Intensités carbonique et énergétique du PIB PPA chinois (1980-2009)



Source : D'après les données Enerdata disponibles à l'adresse <<http://www.enerdata.net/>>

Une première approche pour estimer une relation entre flux économiques et « verdissement » de la croissance économique chinoise se base sur l'étude des coefficients de corrélation entre ces variables, mesurés avec la méthode de Pearson (Cf. Tableau I.4).

Tableau I.4. Corrélations de Pearson : ouverture internationale et intensités énergétique et carbonique du PIB chinois

	Intensité carbonique PIB PPA	Intensité énergétique PIB PPA
IDE/FBCF	-,702*** (N=29)	-,719*** (N = 29)
IDE Japon / PIB PPA	-,454** (N=23)	-,487** (N=23)
M BEQ / PIB PPA	-,866*** (N=30)	-,861*** (N=30)
M BEQ Japon / PIB PPA	-,722*** (N=30)	-,719*** (N=30)
M BI / PIB PPA	-,796*** (N=30)	-,787*** (N=30)
M BI Japon / PIB PPA	-,584*** (N=30)	-,568*** (N=30)
M BHT / PIB PPA	-,806*** (N=30)	-,791*** (N=30)
M BHT Japon / PIB PPA	-,845*** (N=30)	-,839*** (N=30)
M BMT / PIB PPA	-,798*** (N=30)	-,797*** (N=30)
M BMT Japon / PIB PPA	-,629*** (N=30)	-,628*** (N=30)
M B env. / PIB PPA	-,569** (N=18)	-,594** (N=18)
M B env. Japon / PIB PPA	-,553** (N=18)	-,578** (N=18)

***. La corrélation est significative au niveau de 1%

** . La corrélation est significative au niveau de 5%

*. La corrélation est significative au niveau de 10%

Notes : Signification des acronymes et des abréviations :

IDE/FBCF : Parts des IDE entrant en Chine dans la FBCF.

IDE Japon / PIB PPA : Parts des IDE japonais entrant en Chine dans le PIB PPA.

M BEQ / PIB PPA : Parts des importations chinoises de biens d'équipement dans le PIB PPA.

M BEQ Japon / PIB PPA : Parts des importations de biens d'équipement depuis le Japon dans le PIB PPA.

M BI / PIB PPA : Parts des importations chinoises de biens intermédiaires dans le PIB PPA.

M BI Japon / PIB PPA : Parts des importations de biens intermédiaires depuis le Japon dans le PIB PPA.

M BHT / PIB PPA : Parts des importations de biens de haute technologie chinoises dans le PIB PPA.

M BHT Japon / PIB PPA : Parts des importations de biens de haute technologie depuis le Japon dans le PIB PPA.

M BMT / PIB PPA : Parts des importations de biens de moyenne technologie chinoises dans le PIB PPA.

M BMT Japon / PIB PPA : Parts des importations de biens de moyenne technologie depuis le Japon dans le PIB PPA.

M B env. / PIB PPA : Parts des importations chinoises de biens environnementaux dans le PIB PPA.

M B env. Japon / PIB PPA : Parts des importations de biens environnementaux depuis le Japon dans le PIB PPA.

Trois commentaires peuvent être faits à partir de ces corrélations :

- D'abord, les coefficients de corrélation négatifs entre les IDE entrants, les importations chinoises et l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois sont majoritairement dus à « l'effet revenu » du commerce international. 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 faire baisser l'intensité carbonique et énergétique de sa croissance économique.

- Ensuite, pris dans leur globalité, les coefficients de corrélation les plus élevés concernent les importations de biens d'équipement, les corrélations sont importantes et significatives au niveau de 1% avec l'intensité carbonique et énergétique du PIB chinois exprimée en parité de pouvoir d'achat. Soulignons également que les importations de biens

d'équipement sont fortement corrélées avec l'accroissement du PIB chinois, étant donné que les importations de machines et d'équipements évoluent parallèlement à l'activité économique. De plus, il est important de souligner que, parmi les canaux de transfert identifiés, la dimension environnementale des importations de biens d'équipement est difficile à estimer. Cette catégorie de biens mérite d'être traitée avec précaution, les machines importées n'étant pas nécessairement innovantes, de haute technologie, ou d'un contenu environnemental supérieur relativement à leurs substituts locaux (à la différence des importations de biens de haute technologie et de biens environnementaux).

- Enfin, les coefficients de corrélation concernant les IDE et importations depuis le Japon sont également négatifs et significatifs : les flux entrant en Chine depuis le Japon sont alors liés négativement avec l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois. Nous remarquons cependant que les coefficients de corrélation affectés aux importations de biens de haute technologie depuis le Japon sont supérieurs à ceux affectés aux importations de ces types de biens tous fournisseurs confondus (respectivement -0,845 et -0,839 pour le Japon contre -0,806 et -0,791 pour le reste du monde). Ceci souligne alors l'avance technologique du Japon comparativement aux autres fournisseurs de la Chine, les exportations japonaises de haute technologie étant corrélées plus fortement avec le « verdissement » de la croissance économique chinoise que les importations de cette dernière depuis ses autres partenaires commerciaux.

Ces coefficients de corrélation déterminent l'existence d'un lien négatif entre les variables étudiées, mais ne nous permettent pas à ce stade d'en déduire une relation de causalité. En effet, ces corrélations négatives entre les flux entrant en Chine (depuis le Japon et le reste du monde) et l'intensité carbonique et énergétique de sa croissance économique peuvent être attribuées à l'effet « revenu » du commerce international, conduisant à un accroissement de plus forte ampleur du PIB que de la consommation d'énergie ou des émissions de carbone. Afin de mettre en évidence une relation de causalité entre les variables étudiées, la partie suivante vise à exploiter la base de données grâce à la construction d'équations de régression linéaire. Ces estimations ont pour objectif de mesurer l'impact de chacune des variables explicatives dans la baisse de l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois et de spécifier avec précisions quels sont les canaux de transfert de technologies environnementales.

3.2.2. *Analyse empirique*

Cette partie précise dans un premier temps les équations estimées pour l'analyse empirique des transferts de technologies environnementales (3.2.2.1). Dans un second temps, les résultats de ces estimations sont présentés et commentés (3.2.2.2).

3.2.2.1. Spécification des équations

Afin de mettre en évidence une dynamique de transferts de technologies vertes portée par les flux économiques (capitaux et biens entrant en Chine), la dernière étape de l'analyse empirique vise à déterminer les impacts de ces flux (globaux et depuis le Japon) sur l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois. Nous avons choisi de construire des relations de causalité linéaire à l'instar de certaines études empiriques dans ce domaine telles que celle de de Mielnik *et al.* (2002), de Zheng *et al.* (2007) ou encore de l'ICTSD (2008), qui utilisent l'estimateur des moindres carrés ordinaires.

Les deux premières relations de causalité estimées sont exprimées par des équations de régression linéaire multiple estimées grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO), et concernent les flux entrant en Chine toutes origines confondues. Les deux secondes équations exprimées utilisent la même méthodologie, mais ne concernent que les flux japonais à destination de la Chine, ceci afin de déterminer leurs impacts sur les intensités carbonique et énergétique chinoises. Les données ont été corrigées des problèmes de colinéarité⁶¹ et les *t* de *student* sont corrigés de l'hétéroscédasticité par la méthode de White⁶².

L'équation 1 vise à déterminer les impacts des flux économiques entrant sur le sol chinois sur l'intensité énergétique du pays (consommation d'énergie primaire par point de PIB). Cette équation peut être écrite comme suit :

⁶¹ Les importations de biens de haute technologie, de biens d'équipement, de biens intermédiaires et de biens environnementaux apparaissent colinéaires et ces données ont été corrigées pour être rendues orthogonales.

⁶² Utilisation du test de Breusch-Pagan pour tester l'hypothèse d'homoscédasticité des résidus. L'hypothèse est rejetée, les données ont alors été corrigées.

$$\text{[Equation 1] } \ln IE_t = \alpha_t + \beta_1 \ln IDE_t + \beta_2 d.BHT_t + \beta_3 d.BEQ_t + \beta_4 d.BI_t + \beta_5 d.Benv_t + \varepsilon_t$$

Avec $\ln IE_t$ le logarithme naturel de l'intensité énergétique du PIB PPA chinois au temps t , $\ln IDE_t$ le logarithme naturel de la part des IDE entrants dans la FBCF chinoise au temps t , BHT_t les importations chinoises de biens de haute technologie au temps t rapportées au PIB PPA chinois, BEQ_t la part des importations chinoises de biens d'équipement dans le PIB PPA chinois au temps t , BI_t la part des importations de biens intermédiaires dans le PIB PPA au temps t et $Benv_t$ la part des importations chinoises de biens environnementaux dans le PIB PPA chinois au temps t . Le terme constant est représenté par α_t et la variable ε_t représente le terme d'erreur. Afin d'éviter les régressions fallacieuses, nous avons testé la stationnarité des données grâce au test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF). Le test ayant accepté l'hypothèse d'une racine unitaire pour les variables BHT, BEQ, BI et Benv, nous avons utilisé ces variables en différence première dans la régression. Les séries IE et IDE sont apparues comme stationnaires en niveau et n'ont alors pas été transformées (les détails des tests sont disponible en Annexe 9).

$$\text{[Equation 2] } \ln IC_t = \alpha_t + \beta_1 \ln IDE_t + \beta_2 d.BHT_t + \beta_3 d.BEQ_t + \beta_4 d.BI_t + \beta_5 d.Benv_t + \varepsilon_t$$

L'équation 2 prend en compte les mêmes variables explicatives intégrées dans une régression linéaire multiple afin de spécifier leurs impacts sur l'intensité carbonique du PIB chinois (exprimé par la variable $\ln IC_t$, le logarithme naturel de l'intensité carbonique du PIB PPA chinois au temps t). La procédure d'identification d'une racine unitaire grâce au test de ADF (Annexe 9) est similaire à celle présentée ci-dessus, la série IC étant utilisée en niveau étant donnée sa stationnarité.

Les équations 3 et 4 visent à évaluer les impacts des importations (de biens de haute et de moyenne technologie, d'équipement et environnementaux) et des flux d'IDE entrant sur le territoire chinois depuis le Japon, sur respectivement l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois. Etant donnée la présence de colinéarité entre les importations chinoises de biens

environnementaux et celles de biens de haute technologie depuis le Japon et ce, malgré la correction des données, ne seront prises en compte dans les équations 3 et 4 que les importations de biens environnementaux du groupe A « gestion de la pollution » dans lequel ont été identifiées des dynamiques d'acquisition de technologies vertes importées de la part de la Chine dans la deuxième section de ce chapitre. Ainsi, la prise en compte des importations de ces types de biens et non de la totalité des biens désignés comme environnementaux permet de surmonter ce problème de colinéarité. Les *t* de *student* des deux modèles suivants ont été corrigés de l'hétéroscédasticité par la méthode de White. Les équations 3 et 4 peuvent s'écrire comme suit :

$$\text{[Equation 3] } \text{Ln IE}_t = \alpha_t + \beta_1 \text{d.IDEJap}_t + \beta_2 \text{d.BHTJap}_t + \beta_3 \text{d.BEQJap}_t + \beta_4 \text{d.BMTJap}_t + \beta_5 \text{d.BEAJap}_t + \varepsilon_t$$

$$\text{[Equation 4] } \text{Ln IC}_t = \alpha_t + \beta_1 \text{d.IDEJap}_t + \beta_2 \text{d.BHTJap}_t + \beta_3 \text{d.BEQJap}_t + \beta_4 \text{d.BMTJap}_t + \beta_5 \text{d.BEAJap}_t + \varepsilon_t$$

Avec $\ln \text{IE}_t$ le logarithme naturel de l'intensité énergétique du PIB PPA chinois au temps *t*, IDEJap_t la part des IDE entrants depuis le Japon dans le PIB chinois au temps *t*, BHTJap_t la part des importations chinoises de biens de haute technologie depuis le Japon dans le PIB PPA chinois au temps *t*, BEQJap_t la part des importations chinoises de biens d'équipement depuis le Japon dans le PIB PPA chinois au temps *t*, BMTJap_t la part des importations chinoises depuis le Japon de biens de moyenne technologie dans le PIB PPA chinois au temps *t* et BEAJap_t la part des importations chinoises de biens environnementaux du groupe A « gestion de la pollution » depuis le Japon dans le PIB PPA chinois au temps *t*. Le terme constant est représenté par α_t et la variable ε_t représente le terme d'erreur. L'équation 4 prend en compte les mêmes variables explicatives intégrées dans une régression linéaire multiple afin d'expliquer l'intensité carbonique du PIB chinois (désignée par la variable $\ln \text{IC}_t$, le logarithme naturel de l'intensité carbonique du PIB PPA chinois au temps *t*).

A l'exception des séries IC et IE, les tests ADF ont détecté la présence d'une racine unitaire pour chacune des variables explicatives dans les équations 3 et 4 (tests disponibles en Annexe 9). De ce fait, les séries IDEJap, BHTJap, BEQJap, BMTJap et BEAJap sont utilisées en différence première.

3.2.2.2. Résultats des équations

Les résultats des quatre estimations sont présentés de façon synthétique dans le Tableau I.5.

Tableau I.5. Régressions linéaires multiples selon l'estimateur des moindres carrés ordinaires

	Ln (IE)		Ln (IC)	
	[Equation 1]	[Equation 3]	[Equation 2]	[Equation 4]
Ln (IDE)	0,4909*** (0,0474)		0,4743*** (0,0543)	
d.BHT	-0,2266** (0,0889)		-0,2256** (0,0985)	
d.BEQ	0,1763* (0,1034)		0,1698 (0,1120)	
d.Benv	-0,310 (0,0452)		-0,0387 (0,0503)	
d.BI	0,0834 (0,0625)		0,0857 (0,0687)	
d.IDEJap		0,0427 (0,0585)		0,0424 (0,0618)
d.BHTJap		-0,3631** (0,1570)		-0,3796*** (0,1475)
d.BEQJap		0,9528*** (0,2572)		0,9627*** (0,2440)
d.BEAJap		0,0039 (0,0518)		-0,0028 (0,0481)
d.BMTJap		-0,7573*** (0,1784)		-0,7532*** (0,1756)
Constante	-2,1074*** (0,1056)	-1,0240*** (0,0457)	-1,0639*** (0,1233)	-0,0205 (0,0462)
N	16	17	16	17
Fisher	F(5,10)=23,56	F(5,11)=3,78	F(5,10)=16,78	F(5,11)=3,85
Prob > F	0.0000	0.0308	0.0001	0.0292
R ² ajusté	0.7718	0.4691	0.7252	0.4634

Notes : Les valeurs entre parenthèses représentent les erreurs standards.

Par convention, * indique une significativité au seuil de 10%, ** à 5% et *** à 1%.

Avant d'analyser en détail les résultats de ces équations, il convient de se concentrer en premier lieu sur la validité économétrique de chacune de ces équations. D'abord, les séries sont stationnaires (en niveau dans le cas des séries IE, IC et IDE ; et en différence première pour les autres variables explicatives). Ensuite, les données ont été au préalable corrigées des problèmes de multi-colinéarité et les *t* de *student* sont corrigés de l'hétéroscédasticité par la méthode de White pour chacune des équations. Enfin, afin de contrôler la validité des résultats de ces quatre équations, ont été testées les hypothèses stochastiques et structurelles des modèles linéaires : l'espérance mathématique des erreurs est nulle pour chacune des équations spécifiées, les tests d'exogénéité des variables explicatives démontrent la non corrélation des résidus avec aucune des variables indépendantes, les tests de non égalité des

coefficients des variables explicatives sont validés et significatifs pour chacun des modèles, et au-delà du fait que l'hypothèse de normalité des résidus ne puisse être rejetée, la non-normalité des résidus ne pose pas de problème significatif dans l'exploitation des résultats de ces modèles étant donné que l'analyse n'est pas de nature prévisionnelle. En dernier lieu, l'hypothèse null selon laquelle le modèle n'a pas omis de variable explicative ne peut pas être rejetée selon le test de Ramsey Reset. Une description des tests effectués et des résultats liés est disponible en Annexe 9.

A la vue de ces résultats, quatre commentaires principaux peuvent être formulés.

- D'abord, ces résultats démontrent un impact positif⁶³ et significatif des IDE (en point de FBCF) sur l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois (ces résultats sont contraires à ceux trouvés par Mielnick et Goldemberg dans leur étude de 2002). Les IDE n'apparaissent alors pas dans le cas chinois comme un vecteur de diffusion de technologies environnementales, bien que la localisation d'une société étrangère sur le sol chinois entraîne des *spillovers* technologiques importants –effets d'apprentissage, diffusion des dimensions tangibles et intangibles de la technologie [GIEC, 2000 ; Lundin *et al.*, 2007]. Nous pouvons expliquer ce résultat par la multiplicité des situations recouvrées par les IDE entrant sur le territoire chinois, la majeure partie de ces flux n'entraînant pas de transferts de technologies environnementales impactant négativement la consommation d'énergie et les émissions de carbone. Les flux d'IDE sont porteurs de technologies novatrices qui n'ont alors pas automatiquement de dimension environnementale. De plus, les IDE entrant en Chine depuis le Japon n'apparaissent pas significatifs dans les équations 3 et 4, nous ne pouvons donc pas tirer de conclusion sur la nature de l'impact de ces types de flux.

- Ensuite, ces régressions font apparaître un impact négatif des importations de biens de haute technologie sur l'intensité énergétique et carbonique du PIB. Par le biais de l'importation de ces biens à fort contenu capitalistique, les firmes chinoises peuvent assainir leurs processus de production et en améliorer l'efficacité énergétique. Les importations de biens de haute et moyenne technologie depuis le Japon ont également un impact négatif sur l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois. Nous remarquons également que les coefficients liés aux importations de biens de haute et moyenne technologie depuis le Japon

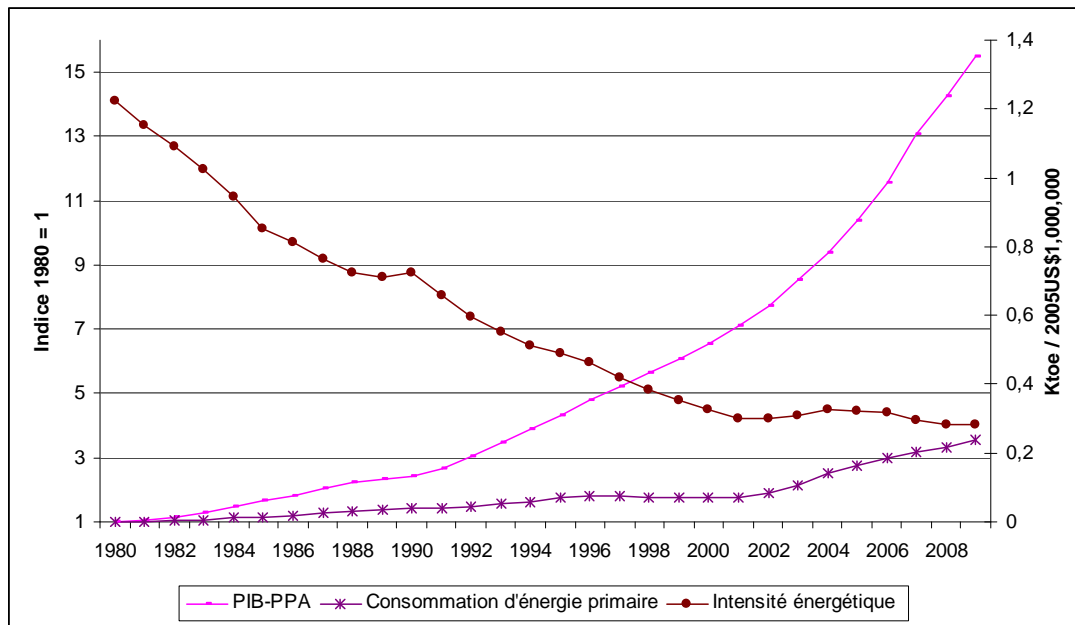
⁶³ L'appellation « impact positif » ou « impact négatif » des variables explicatives sur l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois se réfère au signe mathématique du coefficient lié à ces variables. Un impact négatif d'une variable sur l'intensité carbonique ou énergétique du PIB est alors synonyme de l'amélioration de cet indicateur (sa diminution), alors qu'un impact positif reflète l'aggravation des pressions environnementales (augmentation de l'intensité carbonique et/ou énergétique du PIB).

sont supérieurs à ceux affectés aux importations chinoises de ces types de biens depuis le reste du monde. Ce fait témoigne alors de l'avance technologique du Japon comparativement aux autres partenaires commerciaux de la Chine, le contenu « vert » des importations chinoises de ces types de biens depuis le Japon étant supérieur à celui des importations de biens de haute technologie depuis le reste du monde.

- De plus, les estimations du coefficient relatif aux importations de biens d'équipement (depuis le Japon et le reste du monde) sont de signe positif : l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois est liée positivement avec l'accroissement des importations de biens d'équipement. Cela peut s'expliquer par le fait que ces flux comprennent à la fois des machines et processus de production novateurs, mais aussi des biens d'équipement obsolètes ou ne possédant pas une efficacité environnementale / énergétique supérieure à leur substituts locaux. Bien que les importations de biens d'équipement soient désignées comme vecteurs de technologies dans la littérature [Keller, 2004], l'analyse empirique ne démontre pas de lien négatif entre ces imports et l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois étant donné le manque de différenciation selon leurs caractéristiques technologiques et environnementales.

- Enfin, les estimations des coefficients relatifs aux importations totales de biens environnementaux et de biens de « gestion de la pollution » depuis le Japon n'apparaissent pas significatives dans ces estimations. Ce manque de significativité peut être dû d'une part, à la faiblesse du nombre d'observations (1992-2009), et d'autre part à la faible importance de ces flux comparativement aux échanges totaux.

Lorsque l'on concentre l'analyse sur la baisse de l'intensité énergétique chinoise, trois types d'explications supplémentaires peuvent être avancés (Cf. Graphique I.23).

Graphique I.23. Variation de la consommation d'énergie et du PIB en parité de pouvoir d'achat – Chine (1980-2009)

Source : D'après les données Enerdata disponibles à l'adresse <<http://www.enerdata.net/>>

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 *al.* (1999) montrent 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. Ces résultats concordent avec ceux de Fisher-Vanden et *al.* (2004), les changements dans l'intensité énergétique des firmes représentant 50% de ce déclin. 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 types d'industries, ce qui a permis une amélioration de l'intensité énergétique du PIB. La remontée en gamme de la spécialisation productive chinoise renforce l'argument des changements structurels dans l'industrie. Cette spécialisation en faveur des industries légères, au détriment des industries lourdes fortement consommatrices d'énergie, explique alors l'évolution de cet indicateur. De plus, Fisher-Vanden et *al.* (2004) soulignent que l'augmentation des revenus des ménages a engendré une modification de la demande intérieure, vers des biens de consommation et des produits électroniques. Enfin, le dernier type de facteurs explicatifs de la baisse de l'intensité

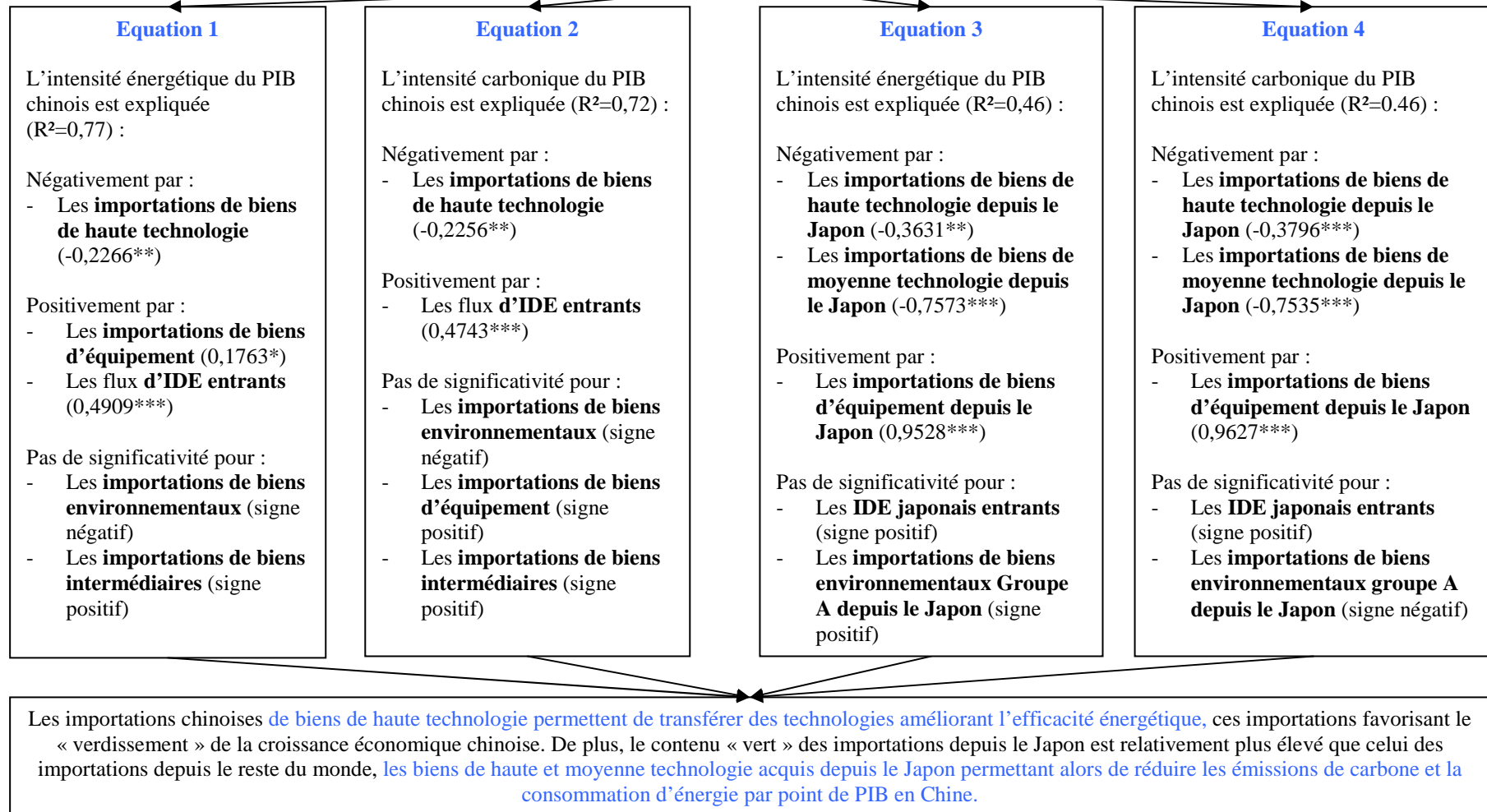
énergétique de l'économie chinoise est lié aux **imperfections du système statistique** national. Les autorités statistiques nationales auraient en effet tendance à surestimer la croissance de la production et à sous-estimer celle de la consommation d'énergie primaire [Garbaccio *et al.*, 1999 ; Fisher-Vanden *et al.*, 2004].

Au terme de cette section, il apparaît que le transfert de technologies vertes *via* le commerce international participe à l'amélioration de l'efficacité énergétique et environnementale de la structure productive chinoise. C'est par le biais de l'importation de technologies de dépollution et dotées d'une efficacité énergétique supérieure que le contenu polluant de la croissance économique chinoise peut décroître. Les régressions linéaires effectuées entre l'intensité énergétique et carbonique du PIB et les flux économiques entrant sur le territoire chinois démontrent le pouvoir explicatif des importations de biens de haute technologie dans l'amélioration des indicateurs relatifs au « verdissement » de la croissance économique chinoise. Toutefois, les importations de biens d'équipement et les flux d'IDE entrants n'engendrent pas d'amélioration des ces indicateurs, mais contribuent à l'inverse à l'augmentation de l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois. En dernier lieu, en commerçant avec un pays ayant une avance technologique significative comme le Japon, la Chine acquiert des technologies protectrices de l'environnement et améliore l'efficacité énergétique et environnementale de sa croissance économique, particulièrement au travers des importations de biens de haute et moyenne technologie (*Cf.* Schéma I.5).

Schéma I.5. Propos d'étape de la Section 3 du Chapitre 1 – Flux internationaux et amélioration de la qualité de l'environnement en Chine

Les flux économiques entrant en Chine sont négativement corrélés avec l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois

Equations de régressions linéaires multiples (estimateur des MCO) afin de déterminer les impacts des flux économiques globaux et depuis le Japon sur le « verdissement » de la croissance économique chinoise (intensité énergétique et carbonique du PIB)



CONCLUSION DE CHAPITRE

Au terme de ce chapitre, il apparaît que les flux commerciaux japonais et globaux entrant en Chine permettent de transférer des technologies vertes vers son territoire. Ces flux commerciaux sont bien confirmés en tant que canaux pertinents pour étudier les transferts de technologies, relatant l'effet technique du commerce international. L'identification des transferts de technologies vertes depuis le Japon et le reste du monde a été construite en trois étapes.

Dans un premier temps, la densité des échanges de biens intermédiaires, de biens d'équipement, de biens de haute technologie et du commerce intra-branche entre les deux pays est apparue comme indiquant des tendances de diffusion technologique entre ces deux nations. Des biens d'équipement innovants, dotés d'une meilleure efficacité énergétique et/ou productive, permettent ainsi aux entreprises chinoises de réduire leur consommation d'énergie primaire. De plus, les importations chinoises de biens *high-tech* ainsi que l'importance du commerce intra-branche permettent l'acquisition de technologies étrangères ; les firmes chinoises peuvent mettre à l'œuvre un processus d'imitation, d'adaptation de la technologie et des étapes d'innovations successives.

Cette première approche empirique a été complétée car le commerce de ces types de biens ne coïncide pas automatiquement avec la protection de l'environnement. Dès lors, la deuxième étape de l'analyse empirique effectuée se base sur l'étude des échanges de biens classés comme environnementaux par l'OCDE. La mobilisation de cette classification de l'OCDE a permis d'identifier un ensemble de biens contribuant à réduire la pollution (atmosphérique, des eaux et des sols), à économiser l'énergie et les ressources, et à utiliser les sources d'énergie renouvelables (éolien, hydraulique, solaire). Nous avons pu déterminer l'acquisition de technologies étrangères par la Chine grâce au ralentissement des importations de ces types de biens préalablement à un accroissement des exportations, reflétant l'appropriation de leur contenu technologique. Il existe bel et bien un décalage temporel entre la baisse de ces premiers flux et l'accroissement des seconds, correspondant à la temporalité nécessaire à la diffusion technologique. Toutefois, ces résultats ne sont que partiels, cette dynamique pouvant être attribuée à l'installation de firmes étrangères sur le territoire chinois, ainsi qu'à la participation de la Chine à la division régionale et internationale des processus productifs. Ainsi, pour certains biens à haute valeur ajoutée, les firmes chinoises ne prennent en charge que les activités d'assemblage sur le territoire domestique, sans pour autant

maîtriser les stades amonts et le contenu technologique lié à la production des biens environnementaux.

Enfin, la dernière étape de l'analyse empirique a mobilisé les outils économétriques. L'estimation de quatre équations de régressions linéaires entre les flux économiques entrant sur le territoire chinois et l'intensité énergétique et carbonique du PIB a mis en évidence les impacts positifs des biens de haute technologie sur le « verdissement » de la croissance économique chinoise. En d'autres termes, l'accroissement des importations de biens de haute technologie (depuis le Japon et le reste du monde) influence négativement l'intensité carbonique et énergétique du PIB chinois. Il apparaît en dernier lieu que les importations chinoises de biens de haute et moyenne technologie depuis le Japon possèdent un contenu environnemental plus élevé que celles depuis le reste du monde, reflétant l'avance technologique du Japon dans la sphère environnementale.

Le deuxième chapitre de la thèse analysera un canal de transferts de technologies environnementales supplémentaire en mobilisant les données sur les familles internationales de brevets. Ce chapitre étudiera les dynamiques de diffusion technologiques liées à l'implantation de firmes japonaises sur le territoire chinois et les indicateurs sur les familles internationales de brevets permettront de déterminer les types d'innovations environnementales japonaises qui sont également protégées sur le territoire chinois. Ce chapitre montrera que l'économie chinoise possède des capacités d'absorption favorisant l'acquisition de technologies étrangères et que les régulations gouvernementales concernant les IDE entrants encouragent les effets d'agglomération et les transferts de technologies environnementales. Enfin, l'analyse empirique qui sera menée dans ce deuxième chapitre permettra de déterminer l'ampleur des transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine en démontrant que les technologies transférées visent principalement à diminuer les niveaux de pollution atmosphérique, et dans une moindre mesure, à exploiter les énergies solaires et éoliennes.

CHAPITRE 2

TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES : ANALYSE EMPIRIQUE DES DEPOTS DE BREVETS JAPONAIS EN CHINE

« Il faut guider la société entière vers une conscience d'économie des ressources, mettre l'accent sur l'optimalisation de l'utilisation des ressources, sur l'augmentation de l'efficacité de la production des ressources et sur la diminution de la pollution de l'environnement. Il faut accélérer la production propre, développer énergiquement l'économie circulaire, presser le pas pour construire une société d'épargne et promouvoir le cercle vertueux des systèmes de ressources naturelles et d'économie sociale ».

Extraits du discours du président HU Jintao sur la construction d'une société harmonieuse socialiste (19 février 2005).

L'étude du contenu environnemental des relations économiques entre le Japon et la Chine s'insère dans le cadre d'analyse des théories du commerce international, où l'écart technologique permet d'expliquer une partie du commerce entre pays avec des niveaux de développement différents. L'analyse des transferts de technologies vertes entre ces deux pays nécessite alors l'identification de canaux de diffusion, pour lesquels une méthodologie singulière visant à quantifier les transferts doit être appliquée. Le premier chapitre de la thèse a analysé les flux commerciaux en tant que vecteurs de transferts de technologies environnementales. Il est apparu que ces flux entrant en Chine, et plus généralement, les flux économiques (flux commerciaux et IDE) peuvent contribuer à la diffusion internationale de technologies [Grossman *et al.*, 1991b ; Grossman *et al.*, 1993 ; Coe *et al.*, 1995 ; 1997 ; Blackman, 1999 ; 2002 ; GIEC, 2000 ; OCDE, 2005a].

Les importations chinoises de biens d'équipement et de biens de haute technologie permettent aux firmes domestiques d'acquérir des technologies environnementales novatrices, et c'est également grâce à la présence de firmes nippones sur le territoire chinois que les composantes *softwares* de la technologie peuvent être transférées [GIEC, 2000]. Ce chapitre a donc pour objectif d'analyser ce vecteur de transferts de technologies vertes, en spécifiant les facteurs incitatifs aux transferts et les dépôts de brevets environnementaux en Chine. L'installation de firmes étrangères utilisant des technologies avancées augmente alors les savoir-faire spécifiques disponibles pour l'économie récipiendaire, l'appropriation et l'adaptation de technologies environnementales dépendant de ses capacités d'absorption.

Toutefois, étudier les *spillovers* technologiques des IDE japonais en Chine est un projet complexe, et la rareté des données mobilisables à un niveau désagrégé handicape fortement l'analyse empirique. Néanmoins, les liens entre IDE et diffusion technologique ont clairement été établis dans la littérature académique [Hu *et al.*, 2002 ; Yu *et al.*, 2002 ; Hale *et al.*, 2006 ; Lundin *et al.*, 2007], et l'avance technologique du Japon –particulièrement dans la sphère environnementale – profiterait alors à la qualité de l'environnement sur le territoire chinois. Mais tous les PED ne bénéficient pas d'un processus de diffusion technologique depuis les firmes étrangères présentes sur leur territoire dans les mêmes proportions. L'efficacité du transfert dépend largement des capacités d'absorption et de l'environnement institutionnel du pays récipiendaire [MacDonald, 1992a ; Nurbel *et al.*, 2008]. D'une part, c'est grâce à des bases technologiques que l'économie chinoise peut s'approprier les innovations transférées *via* les flux d'investissement entrants, étant donné que les activités domestiques de recherche et développement influencent les choix de localisation des firmes nippones [Hu *et al.*, 2005]. D'autre part, l'environnement institutionnel et le respect des droits de propriété intellectuelle (DPI) sont aussi des facteurs incitatifs à l'entrée et à la diffusion de technologies novatrices [Maskus, 2004]. Ces bases technologiques ainsi que les directives gouvernementales relatives aux transferts de technologies constituent dès lors des facteurs « facilitateurs » de la diffusion de technologies. Dans ce cadre d'analyse, les technologies environnementales ne sont pas distinguées des technologies novatrices dans leur ensemble.

Néanmoins, la quantification des transferts de technologies vertes imputables aux firmes nippones présentes sur le territoire chinois reste délicate, et les analyses empiriques traitant de cette problématique se sont focalisées sur les *outputs* du processus d'innovation et sur la mobilité internationale de ces derniers [Dechezlepretre, 2009 ; OCDE, 2011a ; Haščič

et al., 2011]. Ces études des transferts de technologies environnementales sont rares et récentes, étant données la faible profondeur historique de cette réflexion et la jeunesse des méthodologies développées par ces auteurs. Une firme nipponne protégera ses inventions environnementales par un brevet en Chine si elle envisage de commercialiser/produire ces technologies sur ce territoire. La mobilisation des indicateurs sur les brevets permet ainsi de mesurer la diffusion de technologies environnementales novatrices.

L'objectif de ce chapitre est dans ce cadre d'analyser les transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine, en se basant, d'une part, sur les méthodologies développées par l'OCDE et Dechezlepretre (2009) qui analysent les familles internationales de brevets, et d'autre part, sur une méthodologie originale qui permet de sélectionner les brevets sur le territoire chinois protégeant des inventions originaires du Japon. Ce choix méthodologique se justifie par la prédominance de l'utilisation de ces indicateurs dans les études empiriques de référence [Dechezlepretre, 2009 ; OCDE, 2011a ; Haščič *et al.*, 2011], mais aussi parce qu'ils permettent d'appréhender quantitativement l'entrée de technologies novatrices originaires du Japon. Cette méthodologie applicable aux transferts de technologies novatrices est alors transposée à l'étude de la diffusion de technologies environnementales. Dès lors, **la première section** de ce chapitre vise à mettre en évidence les pré-requis technologiques de la Chine facilitant la diffusion et l'appropriation des technologies vertes ; ainsi que les incitations gouvernementales qui favorisent les transferts. **La seconde section** analyse empiriquement les transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine, la mobilisation de données sur les brevets révélant la part dominante des technologies de dépollution dans ces transferts.

SECTION 1. LE CONTEXTE CHINOIS : CONDITION NECESSAIRE A LA DIFFUSION TECHNOLOGIQUE INTERNATIONALE

Les transferts de technologies environnementales peuvent être supportés par une multiplicité de canaux de diffusion, lesquels connaissent différents types d'incitations et de facteurs explicatifs. Bien que le commerce international soit un vecteur de transfert de technologies environnementales (Cf. Chapitre 1), les flux d'investissements entrant sur le territoire chinois apparaissent dans la littérature [Hu *et al.*, 2002 ; Yu *et al.*, 2002 ; Hale *et al.*, 2006 ; Lundin *et al.*, 2007] comme des vecteurs de technologies plus importants, étant donné qu'ils permettent la transmission des parties tangibles mais aussi intangibles de la technologie [GIEC, 2000]. Toutefois, tous les pays ne peuvent pas bénéficier dans les mêmes proportions du transfert de technologies novatrices dues à la présence de firmes étrangères, étant donné que les capacités d'absorption domestiques déterminent, du moins partiellement, l'efficacité du processus de diffusion [MacDonald, 1992a ; Nurbel *et al.*, 2008].

Dès lors, les capacités technologiques du pays récipiendaire peuvent être interprétées comme des conditions d'absorption des technologies étrangères, facilitant l'adaptation et la réplique des technologies importées aux conditions et besoins économiques locaux. Les ressources et personnels affectés aux activités de recherche et développement en Chine, ou encore le niveau de protection des DPI, sont donc analysés dans cette section comme des facteurs qui facilitent l'acquisition et la diffusion technologique (1.1). De plus, les retombées technologiques des IDE ont été mises en évidence dans la littérature [Blackman *et al.*, 1998 ; Sun *et al.*, 1999, Wei *et al.*, 2006], le second temps de cette section se base alors sur une revue de cette littérature académique afin de démontrer que les IDE engendrent des externalités technologiques : les flux entrant sur le territoire chinois ont alors une propension élevée à la diffusion étant données les incitations gouvernementales aux transferts (1.2).

1.1. Capacités d'absorption domestiques et diffusion technologique en Chine

L'ampleur et l'efficacité du processus de diffusion technologique repose sur les capacités d'absorption du pays récipiendaire [MacDonald, 1992a ; Nurbel *et al.*, 2008]. Ces

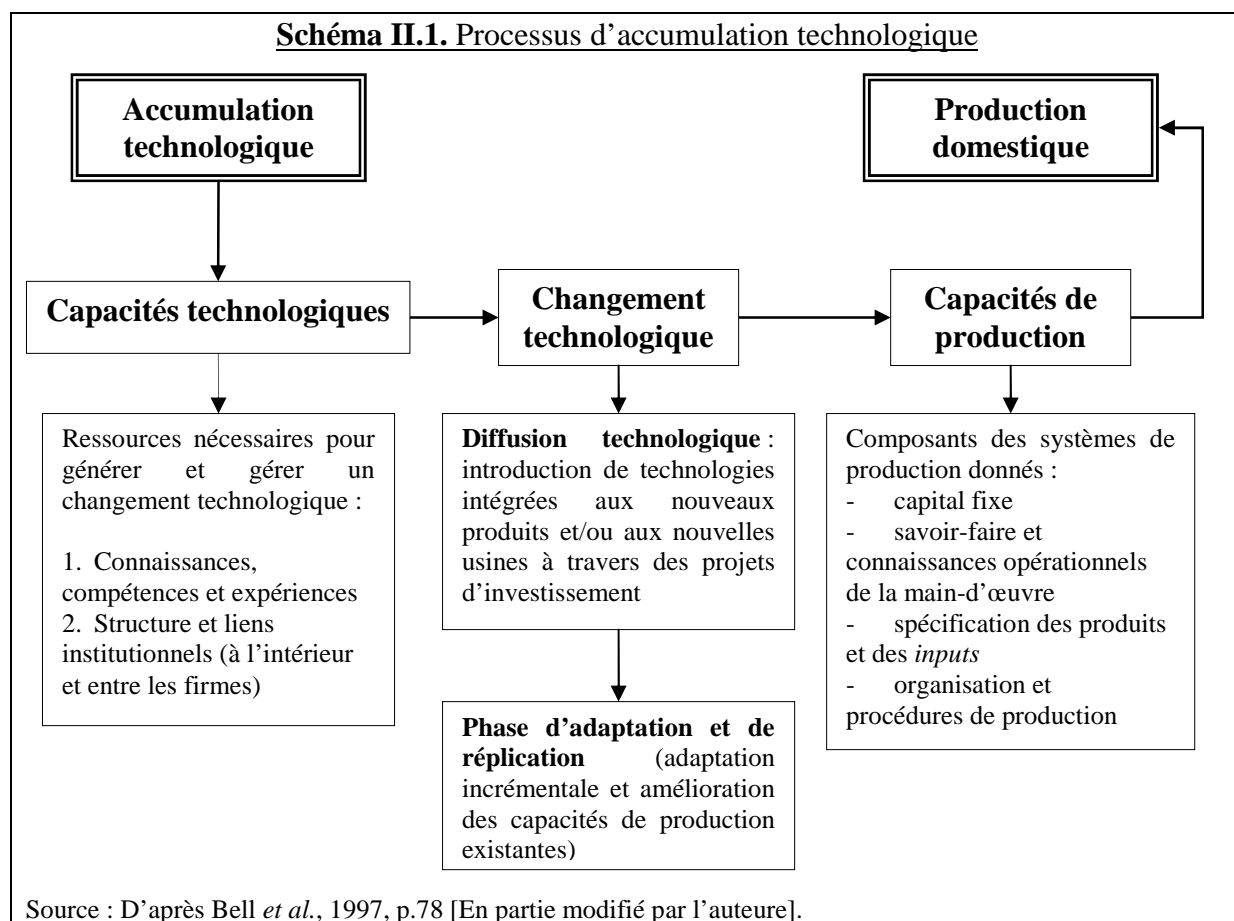
bases technologiques sont alors analysées comme des pré-requis nécessaires à une dynamique d'adaptation et de répliation des technologies importées aux conditions locales (1.1.1). Les activités chinoises de recherche et développement sont, dans ce sens, complémentaires aux flux technologiques entrants, et peuvent dès lors être interprétées comme des facteurs « facilitateurs » de la diffusion [Hu et al., 2005]. Bien que les performances technologiques chinoises demeurent inférieures à celles des firmes nippones, les autorités chinoises favorisent les dynamiques d'acquisition de technologies en affectant des montants croissants aux activités de R&D, et cela particulièrement dans la sphère environnementale (1.1.2). Dès lors, outre les capacités technologiques du pays récipiendaire, des facteurs plus institutionnels tels que les régimes de protection des droits de propriété intellectuelle ont une importance dans les processus de diffusion technologique. Les analyses empiriques révèlent dans ce domaine une corrélation positive entre la robustesse des régimes de droits de propriété intellectuelle et la qualité des technologies transférées [Maskus, 2004] (1.1.3).

1.1.1. La nécessité de pré-requis technologiques dans le pays récipiendaire

L'efficacité des processus de diffusion technologique, et particulièrement des phases d'adaptation et de répliation des technologies importées, est fortement dépendante des capacités technologiques du pays récipiendaire. Dès le début des années 1990, les premières analyses traitant des problématiques de diffusion des technologies environnementales vers les PED ont mis l'accent sur les capacités technologiques domestiques, désignées dans la littérature anglo-saxonne sur les transferts de technologies par le concept d'*indigenous technological capabilities* [Zunsheng Yin, 1992]. Ainsi, « à plus long terme, un transfert utile requiert le développement de capacités domestiques pour l'adaptation, la répliation et l'innovation technologique par le pays d'accueil » [MacDonald, 1992a, p.11]. De plus, le développement de ces capacités domestiques est particulièrement important pour le transfert et l'acquisition des composantes intangibles de la technologie (savoir-faire et connaissances tacites), leur appropriation reposant sur le stock de capital humain du pays récipiendaire [Xu, 2000 ; Lanzi, 2007].

D'après Nurbel et Ahamada (2008), « pour tirer effectivement avantage de la présence étrangère, le pays d'accueil doit posséder une certaine capacité d'absorption (...) ou un certain stock de capital humain (...). Ces deux concepts sont souvent employés indifféremment pour qualifier le potentiel d'apprentissage que doit nécessairement posséder

le pays d'accueil qui prétend à la matérialisation, chez lui, des retombées de l'activité multinationale étrangère » [Nurbel *et al.*, 2008, p.83]. L'efficacité du processus de diffusion technologique repose alors sur une combinaison de facteurs facilitant l'appropriation des technologies importées : activités domestiques de recherche et développement, niveau de qualification de la population active, infrastructures, capacités industrielles et organisationnelles du pays récipiendaire [Lall, 2003]. Ces capacités technologiques domestiques constituent dès lors un ensemble de capacités d'absorption. Le pays récipiendaire ne peut pas seulement se contenter d'importer des technologies mais doit bien posséder des bases technologiques préalables afin de permettre une adaptation et une diffusion de ces nouvelles connaissances, lesquelles prennent des formes codifiées mais aussi tacites (Cf. Schéma II.1).



Par la suite, différents indicateurs ont été utilisés dans les études empiriques pour mesurer les capacités d'absorption des pays récipiendaires ainsi que leur stock initial de capital humain.

D'abord, les activités domestiques de recherche et développement ont une place centrale dans la construction de capacités domestiques favorisant l'acquisition de technologies étrangères [Fagerberg, 1994 ; Kneller, 2005]. Ainsi, dans le cadre de la construction d'une variable « capacité technologique » Liouane et Teffahi (2007) ont introduit le capital humain (illustré par les taux d'alphabétisation, d'encadrement (élèves par enseignant), d'inscription en primaire et secondaire) ainsi que le stock domestique de R&D comme condition nécessaire pour aborder et adopter les technologies étrangères. Les auteurs montrent que la diffusion technologique est conditionnée par l'existence de capacités d'absorption dans le pays récipiendaire : un accroissement de 1% de l'absorption des technologies étrangères augmente le PIB per capita de 0.04% [Liouane *et al.*, 2007].

Ensuite, le transfert international de technologies apparaît comme un facteur complémentaire aux activités d'innovation dans le pays récipiendaire, plutôt que se substituant aux activités domestiques de R&D. L'opérationnalité du processus d'acquisition des technologies importées et l'ampleur de son effet sur la productivité domestique dépend bien des bases technologiques préalables dans le pays d'accueil des technologies. A partir d'une étude des industries chinoises, Hu, Jefferson et Jingchang (2005) ont montré que « *tout en affirmant la contribution directe de la R&D à la productivité, (...) [les] résultats [empiriques] indiquent également que le transfert de technologies devient beaucoup plus productif lorsque l'entreprise est également engagée dans la R&D interne* » [Hu *et al.*, 2005, p.784].

Enfin, la notion de capital humain est difficilement modélisable et comprend un ensemble de compétences propres à l'individu, liées à son niveau d'instruction, d'éducation, de qualification ou encore de santé. Cet ensemble de caractéristiques s'apparente alors à du capital intangible, sachant que les savoir-faire spécifiques ne peuvent être dissociés des individus. Selon la formulation de Nurbel et Ahamada (2008), « *le capital humain est considéré comme l'élément central de la capacité d'absorption (...). L'éducation, au sens large du terme, est un élément essentiel du capital humain : elle est au capital humain ce que l'investissement – au sens où on l'entend traditionnellement – est au capital physique* » [Nurbel *et al.*, 2008, pp.85-86].

Les capacités technologiques domestiques peuvent ainsi être qualifiées de facteurs « facilitateurs » de la diffusion technologique, permettant au pays importateur de répliquer et d'adapter les technologies importées à ses besoins domestiques. L'index de compétitive du

World Economic Forum prend ainsi en compte un ensemble de variables qui permettent d'appréhender ces « bases technologiques » propices à l'acquisition de technologies étrangères. La Chine se classe 26^{ème} avec un *Global Competitiveness Index* (GCI) s'élevant à 4.90 sur 7 en 2011 sur les 142 pays classés. Le Tableau II.1 présente le positionnement de la Chine en fonction des 12 piliers du GCI. Bien que demeurant un pays en développement, l'économie chinoise connaît une amélioration de tous les indicateurs étudiés, particulièrement dans le domaine de la santé et de l'éducation [World Economic Forum, 2011]. Les caractéristiques de la Chine en termes d'infrastructures, d'institutions, d'innovation, ou encore de niveau de qualification de la main-d'œuvre constituent des facteurs qui facilitent l'acquisition et la diffusion interne des technologies [Reddy *et al.*, 1990].

Tableau II.1. *Global Competitiveness Index* 2011-2012, Classements de la Chine et du Japon

	Piliers du GCI	Chine		Japon	
		Score (sur 7)	Classement (sur 142)	Score (sur 7)	Classement (sur 142)
Exigences de base – <i>Basic Requirements</i>	1. Institutions	4.3	48	5.2	24
	2. Infrastructures	4.6	44	5.7	15
	3. Environnement macroéconomique	6.2	10	4.2	113
	4. Santé et enseignement primaire	6.2	32	6.5	9
Facteurs améliorant l'efficacité – <i>Efficiency Enhancers</i>	5. Education supérieure et formation continue	4.3	58	5.3	19
	6. Efficacité du marché des biens	4.4	45	5.0	18
	7. Efficacité du marché du travail	4.7	36	5.0	12
	8. Développement des marchés financiers	4.4	48	4.6	32
	9. Réactivité technologique	3.6	77	5.1	25
	10. Taille du marché	6.8	2	6.1	4
Facteurs d'innovation et de sophistication – <i>Innovation and Sophistication Factors</i>	11. Perfectionnement du tissu économique et commercial	4.4	37	5.9	1
	12. Innovation	3.9	29	5.6	4
GCI 2011-2012		4.90	26	5.40	9

Source: World Economic Forum, 2011, *The Global Competitiveness Report*, Oxford University Press, New York, pp.148, 218.

En somme, différents types de facteurs sont donc considérés pour expliquer et faciliter l'acquisition de technologies étrangères, et leur importance amplifie les retombées positives sur l'économie du pays récipiendaire « *Toutes choses égales par ailleurs, les [pays] récipiendaires avec des capacités technologiques adéquates sont dans une meilleure position pour exploiter les bénéfices économiques et technologiques des projets (...) [de transferts internationaux de technologies]. (...) Les facteurs ITC [indigenous technological capabilities] jouent un rôle important dans l'acquisition, l'adaptation et l'amélioration des technologies importées (...). Les décisions de transferts de technologies étrangères dépendent au moins partiellement du niveau ITC du pays récipiendaire* » [Zunsheng Yin, 1992, p.24].

Dès lors, la partie suivante (1.1.2) va préciser les capacités technologiques domestiques de la Chine, en s'attardant sur les principaux indicateurs de l'innovation (dépenses de R&D, personnels affectés à la recherche, dépôts de brevets), afin de cerner les facteurs « facilitateurs » de l'acquisition de technologies environnementales.

1.1.2. Les performances technologiques chinoises

Plusieurs outils sont à la disposition des économistes pour mesurer les performances technologiques et d'innovation d'un pays. Les indicateurs pertinents pour mesurer l'innovation environnementale d'un pays peuvent être regroupés en deux ensembles distincts : les *inputs* du processus d'innovation et les *outputs* de ces activités. D'une part, sont considérés comme *inputs* du processus d'innovation le nombre de personnels scientifiques employés dans des activités d'innovation, les dépenses privées de recherche et développement, ainsi que les crédits budgétaires publics affectés à ces activités [OCDE, 2011b]. D'autre part, l'*output* du processus peut être mesuré avant tout grâce au nombre d'innovations brevetées [OCDE, 2011b ; 2011a]. Dès lors, le processus de diffusion technologique, recouvrant un mécanisme de déplacement international de l'information et d'appropriation effective par le pays récipiendaire, peut être mesuré grâce aux familles internationales de brevets, aux contrats de licences cédés aux PED, ainsi qu'aux données bibliométriques⁶⁴ et aux citations de brevets. La principale difficulté associée à ces deux

⁶⁴ Pour une étude des approches quantitatives utilisées pour analyser le lien entre science et technologie, voir Meyer (2002).

types d'indicateurs des performances technologiques est liée au fait qu'ils ne sont disponibles qu'à un niveau agrégé, ne permettant pas de procéder à une évaluation sectorielle des performances d'innovation des pays. Plus précisément, ce manque de désagrégation est particulièrement problématique lorsqu'il est question d'analyser les performances technologiques de la Chine dans la sphère environnementale, et donc les éco-innovations issues d'activités de recherche et développement domestiques.

Afin de mettre en perspective les performances technologiques chinoises, ces dernières sont par la suite comparées avec celles du Japon, leader asiatique et mondial dans le domaine technologique [Meyer, 2011]. Dans le but d'étudier avec précision les efforts technologiques chinois et japonais, l'analyse qui va suivre se divise en deux temps :

- Dans un premier temps, l'étude des activités de recherche et développement en termes absolus et relatifs met en évidence le statut de leader mondial du Japon, même si les montants alloués à la recherche en Chine sont en forte croissance.
- Dans un second temps, l'analyse se concentre sur les dépôts de brevets chinois et japonais tous domaines technologiques confondus puis dans la sphère environnementale, révélant la complémentarité de ces deux économies.

- ***Activités de recherche et développement : indications sur les inputs de l'innovation***

Le système de science et technologie chinois est gouverné par le Ministère de la science et de la technologie –*Ministry of Science and Technology* (MOST), ce dernier coordonnant un ensemble d'agences ministérielles intervenant dans la mise en œuvre de politiques de sciences et de technologies et d'innovation⁶⁵.

La Chine suit une stratégie de rattrapage technologique [Lemoine *et al.*, 2002a], avec la volonté de ne pas être seulement récipiendaire de technologies importées mais de construire un système d'innovation compétitif [Cannady, 2009 ; Artus *et al.*, 2011]. Ces perspectives se retrouvent dans le programme chinois de recherche et développement sur les technologies clés initié en 1982 –*Key technologies R&D Program*, ainsi que plus récemment dans le

⁶⁵ Ces agences ministérielles regroupent principalement le NDRC, la *Chinese Academy of Science*, la *Chinese Academy of Engineering*, le *Ministry of Industry and Information Technology*, le *Ministry of Environmental Protection* ainsi que la *National Natural Science Foundation of China* [OCDE, 2009a].

Programme pour le Développement Scientifique et Technologique –*National medium – long-term programme for scientific and technological development* (2006-2020).

L'un des objectifs principaux du programme initial est attaché au développement des technologies environnementales :

« Avec la protection de l'environnement et l'utilisation rationnelle des ressources comme priorités, [il est nécessaire de] développer des technologies clés dans le contrôle de la pollution environnementale urbaine, approfondir la rationalisation de l'utilisation des ressources en eau, développer et démontrer des technologies pour l'amélioration de l'environnement et de l'écologie régionale, intensifier les recherches techniques dans l'exploration et le développement des champs pétroliers, gazeux et des ressources minérales solides stratégiques, établir des systèmes de soutien technique pour la prévention des catastrophes naturelles et l'atténuation, et promouvoir un développement social durable. »⁶⁶

Le programme pour le développement scientifique et technologique a, quant à lui, fixé comme objectif pour la période 2006-2020 une augmentation de l'intensité de recherche et développement de l'économie, cette dernière devant s'établir à un niveau de 2.5% du PIB en 2020 :

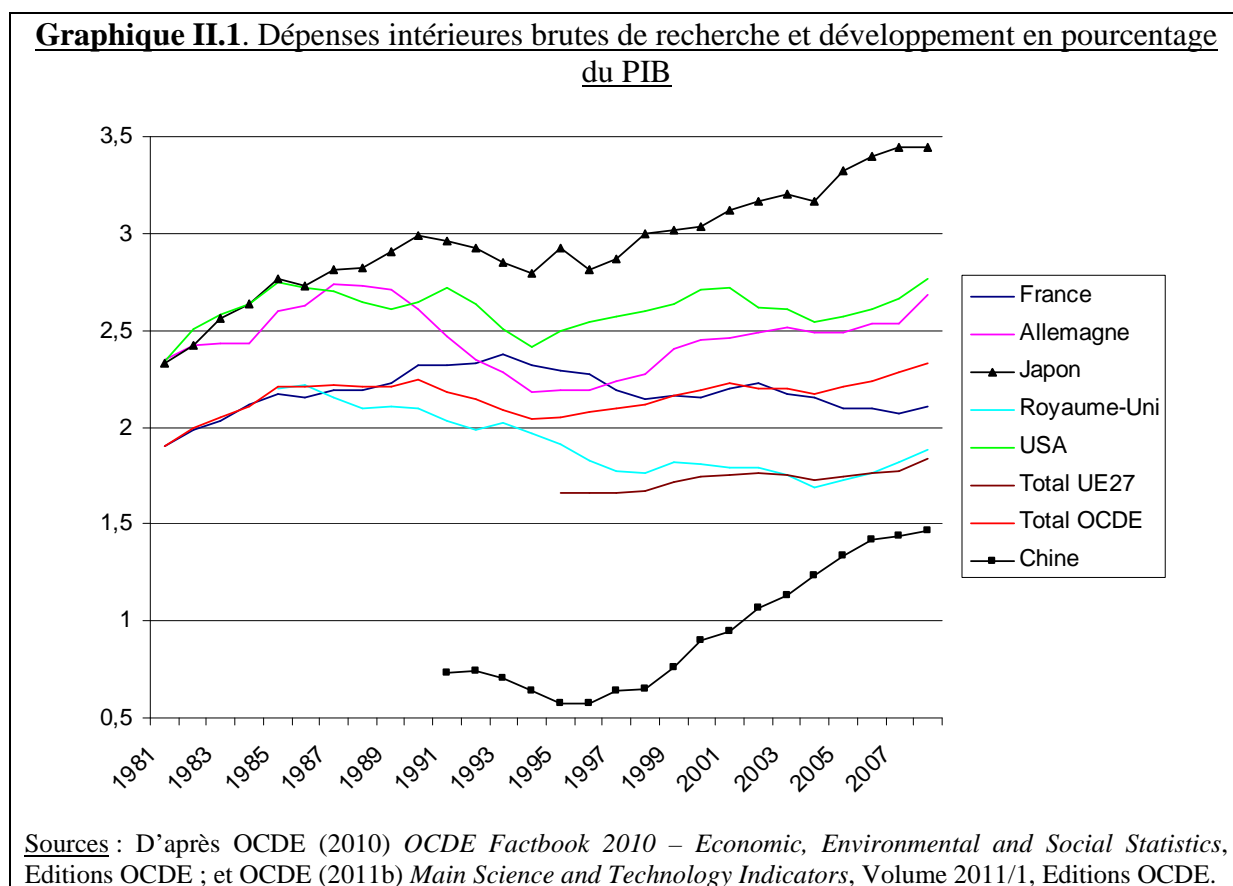
« Les investissements dans la recherche et développement (R&D) représenteront 2% du produit intérieur brut (PIB) en 2010, et 2.5% du PIB en 2020 (...). La Chine a continuellement augmenté l'investissement dans la science et la technologie depuis la mise en œuvre de la réforme et son ouverture plus de deux décennies auparavant. Toutefois, par rapport aux pays développés et aux pays émergents industrialisés, l'investissement est encore insuffisant, la structure de l'investissement n'étant pas raisonnable et les conditions de base pour la science et la technologie étant encore faibles (...). Le gouvernement devrait jouer un rôle prépondérant dans l'augmentation de l'investissement scientifique. De plus, la capacité du gouvernement à coordonner les ressources scientifiques de toute la société devrait être renforcée grâce à des politiques financières et fiscales »⁶⁷.

L'évolution des performances technologiques chinoises illustrées par le Graphique II.1 met en évidence une accélération de l'intensité de recherche et développement depuis 1997. Ainsi, l'intensité technologique chinoise, mesurée par la part des dépenses intérieures brutes de recherche et développement dans le PIB [OCDE, 2011b], est passée de 0.64% en 1997 à

⁶⁶ Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, consulté le 6/12/2011, disponible à l'adresse <http://www.most.cn/eng/programmes1/200610/t20061009_36224.htm>

⁶⁷ The Central People's Government of the People's Republic of China consulté le 6/12/2011, disponible à l'adresse <http://www.gov.cn/english/2006-02/09/content_183777.htm>

1.34% en 2005, pour enfin représenter 1.48% du PIB chinois en 2008. La volonté des pouvoirs publics d'amener ce taux à un niveau similaire à celui des pays industrialisés fait présager une croissance de ces dépenses dans les années qui viennent. Les dépenses de recherche et développement de l'économie japonaise, quant à elles, représentent 3.44% de son PIB en 2008, ce niveau étant de près d'un point supérieur à celui des Etats-Unis.



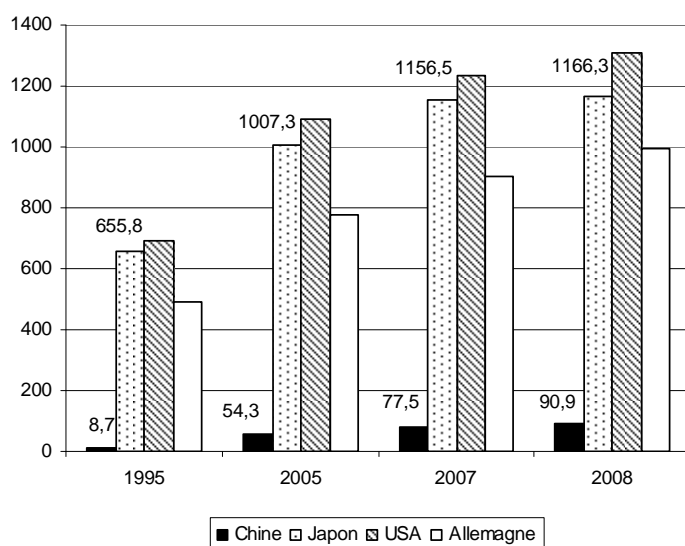
Il est intéressant d'étudier deux indicateurs supplémentaires témoignant des performances technologiques de la Chine et du Japon ; ceci afin de déconnecter ces dépenses de R&D du niveau de PIB et ainsi neutraliser l'effet de la taille économique de la Chine sur cet indicateur.

D'abord, la taille démographique de la Chine joue en sa défaveur lorsque les performances de recherche et développement sont appréhendées en termes de dépenses par habitant (prix courants et PPA). Ainsi, comme le montre le Graphique II.2, les dépenses de recherche et développement par habitant ne s'élèvent qu'à 90.9 dollars en 2008 dans le cas chinois, contre 1 166.3 dollars per capita au Japon, soit près de 13 fois plus. Les résultats mis en évidence par cet indicateur sont alors similaires avec les précédents, positionnant

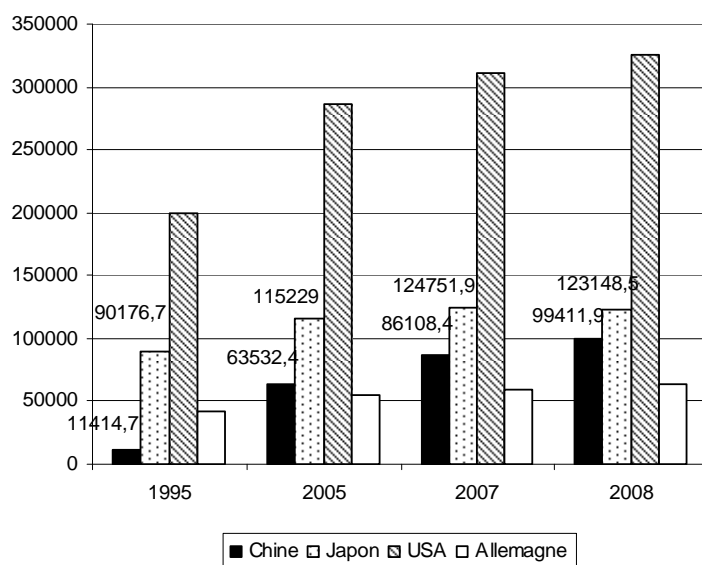
l'économie chinoise à des niveaux de R&D largement inférieurs à ceux des pays industrialisés (Japon, Etats-Unis et Allemagne).

Ensuite, il est intéressant de constater qu'en termes absolus, les montants mobilisés par la Chine dans le champ de la recherche et développement sont loin d'être négligeables - 99 411.9 millions de dollars constants- et ne sont que 1.23 fois inférieurs à ceux alloués à la recherche et développement par le Japon (Cf. Graphique II.3). L'étude des dépenses en termes absolus affectées à la R&D relativise alors les conclusions des deux indicateurs précédents, réduisant l'écart technologique entre la Chine et la Japon.

Graphique II.2. Dépenses de recherche et développement par habitant aux prix courants et en PPA (en USD)



Graphique II.3. Dépenses de recherche et développement aux prix constants et en PPA (millions d'USD 2000)



Source : D'après OCDE (2011b) *Main Science and Technology Indicators*, Volume 2011/1, Editions OCDE.

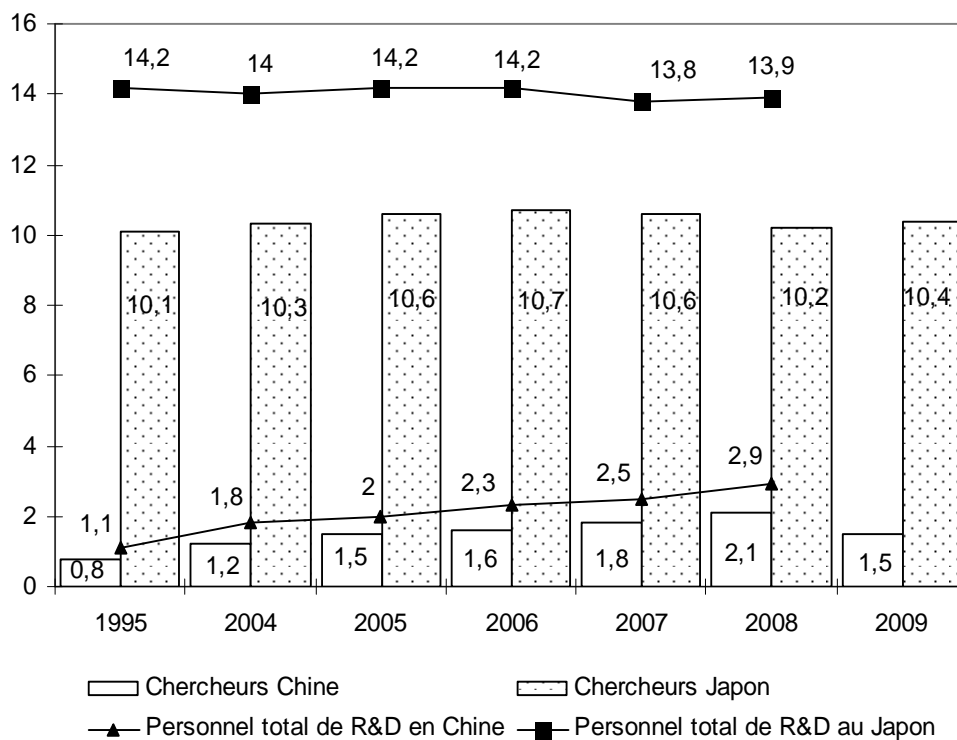
De plus, le *China Science & Technology Statistics Databook* daté de 2007, publié par le Ministère des Sciences et de la Technologie chinois, fournit des informations supplémentaires quant à la nature des activités de recherche et développement sur le territoire chinois et aux sources de financement⁶⁸. Les données fournies par cette institution appellent deux commentaires :

⁶⁸ Pour plus de détails sur les caractéristiques des activités de recherche et développement en Chine, Cf. Annexe 10.

- D'une part, 78% des dépenses de recherche chinoises (secteur privé, public et instituts de recherche confondus) sont affectées à des activités de développement expérimental en vue de la conception de produits, procédés ou services novateurs. Les activités de recherches fondamentales apparaissent alors marginales dans les dépenses intérieures brutes de recherche et développement, ne s'élevant qu'à 5.2% de ces flux en 2007. A titre de comparaison, cette part atteint est de 13.3% au Japon en 2003, de 18.7% aux USA en 2004 et enfin de 24.1% en France en 2003 [Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, 2007].
- D'autre part, il est intéressant de souligner la faible part des activités chinoises de recherche et développement financées par l'étranger, malgré son statut de PED. Ainsi, en 2006, 1.6% des fonds affectés à la recherche et développement étaient originaires de l'étranger, cette part s'établissant 1.3% en 2009. Cette proportion est significativement faible si elle est comparée à la situation d'autres pays non membres de l'OCDE : ce taux s'établit à 11.4% en Afrique du Sud en 2008 ou encore à 6.5% en Russie en 2009. Le Japon, avec 0.4% en 2009, est quant à lui le pays de l'OCDE connaissant la plus faible part des activités internes de recherche et développement financées par l'étranger [OCDE, 2011b].

Bien que possédant des ressources financières significatives affectées à la recherche technologique, les ressources humaines de l'économie chinoise dans ce champ semblent encore modestes, du fait de ses faibles dotations relatives en main-d'œuvre qualifiée [Lemoine *et al.*, 2007]. Ainsi, comme le montre le Graphique II.4, le nombre de chercheurs et de personnels affectés à la recherche et développement pour 1000 emplois ne s'élève qu'à respectivement 2.1 et 2.9 en 2008 en Chine, contre 10.2 et 13.9 au Japon.

Graphique II.4. Chercheurs et personnels total de recherche et développement en équivalence plein-temps pour mille emplois en Chine et au Japon



Source : D'après OCDE (2011b) *Main Science and Technology Indicators*, Volume 2011/1, Editions OCDE.

Ces efforts dans l'accroissement des activités de recherche et développement [Sachwald, 2007] ont des bénéfices productifs mais aussi, dans certaines conditions, environnementaux. Ainsi, comme le soulignent les travaux de Fisher Vanden *et al.* (2010), l'une des principales études empiriques sur les impacts environnementaux des activités de R&D en Chine, le développement technologique affectera l'utilisation de l'énergie et les émissions de CO₂ à travers trois mécanismes particuliers, la nature de l'impact de ces activités sur l'environnement dépendant du degré d'efficacité énergétique des firmes innovantes.

- Premièrement, l'incorporation de nouvelles technologies dans les processus productifs modifie l'intensité factorielle et énergétique de la production. Si ces technologies ont une efficacité énergétique supérieure aux techniques initiales, leur utilisation dans le processus de production en diminuera l'intensité énergétique (pour un *output* constant).
- Deuxièmement, les industries engagées dans des activités de recherche et développement ont tendance à connaître des rendements factoriels relativement plus élevés, ce qui permet, dans un environnement concurrentiel, de diminuer les

prix des *outputs*. Cette modification des prix engendre alors des changements structurels dans l'économie. Si les entreprises engagées dans des activités de recherche et développement connaissent une efficacité énergétique supérieure aux autres, alors ces modifications structurelles seront bénéfiques à l'intensité carbonique et énergétique de l'économie.

- Enfin, troisièmement, une intensification des activités de recherche et développement conduit à une élévation des niveaux de revenus et favorise la croissance économique de la nation innovatrice. Néanmoins, sans modification des techniques de production, cet «effet revenu » des activités innovantes risque alors d'affecter positivement la consommation d'énergie et les émissions de carbone.

Afin de distinguer ces trois effets et de tester l'impact global d'une intensification des activités de recherche et développement sur l'environnement en Chine, Fisher-Vanden *et al.* (2010) ont construit un modèle d'équilibre général calculable, dans lequel les dépenses de recherche et développement conduisent à modifier la productivité des facteurs de production et, par suite, l'intensité factorielle des processus productifs. Leurs estimations ont mis en évidence un résultat intéressant pour ce travail : une intensification des activités de recherche et développement en Chine conduit à diminuer le prix de l'énergie ; les changements structurels induits pouvant se caractériser par une substitution de l'énergie aux autres facteurs de production ainsi qu'une consommation énergétique plus forte. Les auteurs concluent alors que « [ces] (...) résultats soulignent l'importance de considérer l'ensemble des implications économiques d'une politique technologique, reconnaissant qu'une meilleure technologie n'implique pas nécessairement un environnement plus propre » [Fisher-Vanden *et al.*, 2010, p.108].

La production énergétique chinoise étant majoritairement issue de la combustion de charbon (*Cf.* Introduction Générale), l'accroissement de l'utilisation de l'énergie du fait de la baisse de son coût conduira, dans ce sens, à une augmentation des émissions de polluants. Toutefois, il est nécessaire de préciser que le signe positif ou négatif de l'effet des activités de recherche et développement sur le niveau de pollution dépend des types d'innovations développées. Ainsi, si ces dernières peuvent être qualifiées d'innovations vertes et visent alors à exploiter les ressources énergétiques dans une optique soutenable, leur développement ne serait pas préjudiciable à la qualité de l'environnement et permettrait, au contraire, de réduire la dépendance de l'économie vis-à-vis du charbon.

En résumé, les différents indicateurs étudiés permettent d'évaluer les *inputs* du processus d'innovation, mettant en évidence la croissance des montants alloués par la Chine aux activités de R&D. Afin d'évaluer l'ensemble des performances technologiques chinoises, il convient désormais d'analyser les *outputs* de ce processus d'innovation, à savoir les dépôts de brevets.

- ***Publications de brevets : indications sur les outputs de l'innovation***

Tous domaines technologiques confondus, le nombre total de brevets demandés enregistrés sous le *Patent Co-operation Treaty* (PCT) est passé de 2 787 pour l'année 1980 à 102 884 en 2009. En 2009, le Japon est à l'origine de 16.85% des brevets mondiaux demandés à cette date, derrière les USA (27.62%) et devant l'Allemagne (10.54%); ces trois pays représentant plus de 55% des demandes de brevets mondiales déposées à l'*European Patent Office* (EPO) cette année (Cf. Graphique 1 de l'Annexe 11).

Le nombre de brevets déposés par des inventeurs chinois est significativement inférieur, mais ces dépôts sont en forte croissance reflétant la politique d'innovation suivie par le pays : en 2009, les brevets déposés par des inventeurs chinois représentaient 7.3% des brevets mondiaux, contre 0.05% en 1990. D'après Cannady (2009), la Chine suit une politique d'innovation qui peut être qualifiée d'« indépendante », dont les objectifs sont concentrés sur la création d'un système d'innovation et le renforcement des capacités et des infrastructures scientifiques et technologiques, ceci afin que les secteurs stratégiques puissent devenir compétitifs⁶⁹. Cette politique s'avère remarquable lorsque l'on analyse la croissance des budgets alloués à la recherche et développement par les pouvoirs publics (multipliés par 8.7 entre 1995 et 2008), mais aussi la croissance des brevets déposés par des inventeurs chinois depuis la fin des années 1990.

Afin de concentrer l'analyse sur les innovations environnementales, la classification élaborée par le groupe de travail de l'OCDE sur la politique de l'environnement et l'innovation technologique sera mobilisée, étant donné que c'est la seule, à la connaissance de l'auteur, qui détermine les codes IPC (International Patent Classification) des innovations vertes. Cette classification permet ainsi d'identifier avec précision les innovations qui ont trait à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à l'amélioration de l'efficacité énergétique et à la protection de la qualité des eaux et des sols (Cf. Encadre II.1).

⁶⁹ Ces objectifs ont été énoncés lors d'un discours de l'ancien Premier Ministre Zhu Rongji en 2003 face au gouvernement. Un résumé de ce discours est disponible sur le site de China Daily consulté le 12/12/2011, disponible à l'adresse <<http://app1.chinadaily.com.cn/highlights/nbc/news/305zhureport16.htm>>

Encadré II.1. Identification des technologies liées à l'environnement

A. Gestion environnementale générale

Réduction de la pollution de l'air (provenant de sources fixes)

Réduction de la pollution de l'eau

Gestion des déchets

Collecte des déchets solides

Recyclage des matériaux

Engrais issus de déchets

Incinération et valorisation énergétique

Enfouissement

Autres

Dépollution des sols

Surveillance de l'environnement

B. Production d'énergie à partir de sources renouvelables et autres que fossiles

Génération d'énergie renouvelable

Energie éolienne

Energie solaire thermique

Energie solaire photovoltaïque

Energie solaire hybride thermique-photovoltaïque

Energie géothermique

Energie marine (sauf énergie marémotrice)

Energie hydraulique (marémotrice ou au fil de l'eau)

Energie hydraulique (conventionnelle)

Production d'énergie à partir de combustibles non fossiles

Biocombustibles

Combustibles provenant de déchets (méthane)

C. Technologies de combustion offrant des possibilités de réduction des émissions

Technologies améliorant l'efficacité de la production (co-combustion)

Utilisation de la chaleur de combustion ou d'incinération des déchets

Cogénération (*Combined heat and power* (CHP))

Cycles combinés (CCPP, CCGT, IGCC, IGCC+CCS)

Technologies améliorant l'efficacité des ressources (utilisation de la chaleur ou combustion efficace)

D. Technologies spécifiques à la lutte contre le changement climatique

Captage, stockage, séquestration, ou élimination des gaz à effet de serre

Captage et stockage du CO₂ (CCS)

Captage et élimination des gaz à effet de serre autres que le dioxyde de carbone (N₂O, CH₄, PFC, HFC,

SF₆)

E. Technologies pouvant contribuer ou contribuant indirectement à la réduction des émissions

Stockage de l'énergie

Production (à partir de sources n'émettant pas de carbone), distribution et stockage d'hydrogène

Piles à combustible

F. Réduction des émissions et de la consommation de carburant dans les transports

Technologies spécifiques aux véhicules propulsés par un moteur à combustion interne (véhicules conventionnels à moteur essence ou diesel, véhicules hybrides avec moteur à combustion interne)

Technologies intégrées de réduction des émissions (NOX, CO, HC, PM)

Technologies postcombustion de la réduction des émissions (NOX, CO, HC, PM)

Technologies spécifiques aux véhicules propulsés par un moteur électriques (véhicules hybrides, véhicules électriques)

Technologies spécifiques aux véhicules à propulsion hybride (véhicules hybrides propulsés par moteur électrique et moteur à combustion interne)

Conception des véhicules réduisant la consommation de carburant (amélioration de l'aérodynamisme)

G. Efficacité énergétique des bâtiments et de l'éclairage

Isolation (isolation thermique, double vitrage)

Chauffage (chauffage de l'eau et des locaux, climatisation)

Eclairage (LCF, LED).

Source: D'après le projet de l'OCDE sur la politique environnementale et l'innovation technologique et les travaux du groupe de recherche sur le développement d'un indicateur de technologies environnementales (*ENV-Tech Indicator*), disponibles sur le site internet de l'OCDE consulté le 14/12/2011 à l'adresse :

<<http://www.oecd.org/environment/innovation/indicator>>

Les données sur les brevets environnementaux vont faire apparaître la ratification du Protocole de Kyoto en 1997 comme l'un des facteurs explicatifs de la croissance des innovations vertes, notamment dans le cas des technologies spécifiques à la lutte contre les changements climatiques (le nombre de brevets dans ce domaine a été multiplié par 33 entre 1990 et 2008)⁷⁰. De plus, le deuxième secteur le plus dynamique en termes d'innovations vertes est celui de la production d'énergie à partir de sources renouvelables, le nombre de brevets mondiaux demandés dans ce domaine ayant été multiplié par près de 20 entre 1990 et 2008. Au niveau mondial, il apparaît alors que les catégories d'innovations environnementales suivantes connaissent une croissance supérieure aux innovations tous domaines technologiques confondus depuis 1990 :

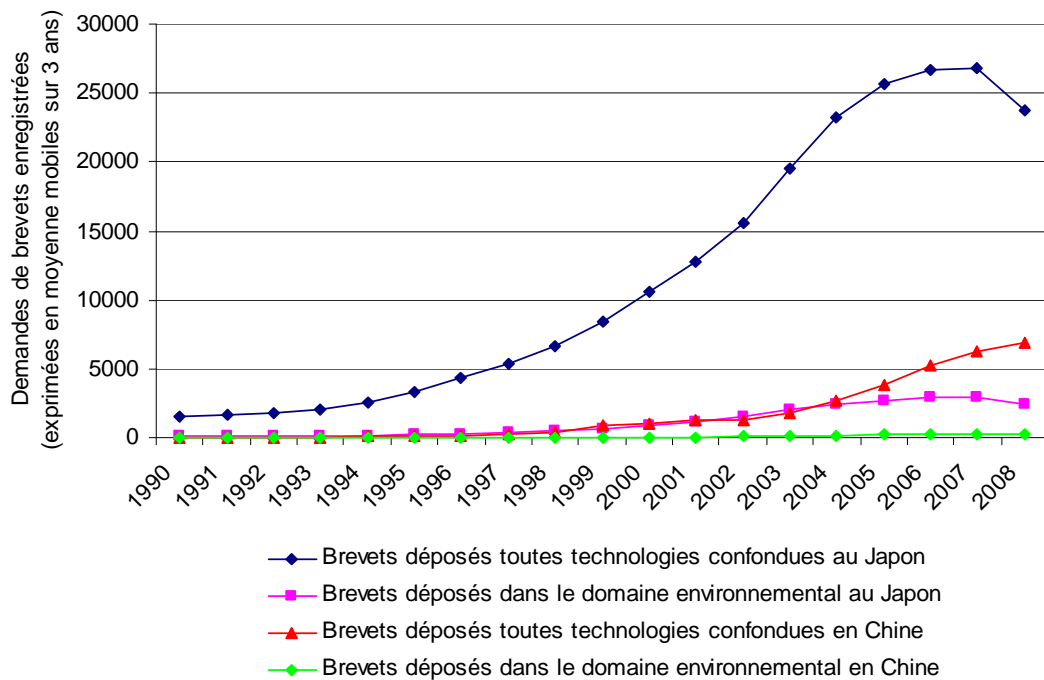
- Les technologies spécifiques à la lutte contre le réchauffement climatique (captage, stockage ou élimination de GES...),
- Les technologies de production d'énergie à partir de sources renouvelables (énergie éolienne, solaire, géothermique, marine, hydraulique...),
- Les technologies pouvant contribuer directement ou indirectement à la réduction des émissions (stockage de l'énergie...),
- Les technologies visant à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et de l'éclairage (isolation, chauffe...),
- Les technologies de combustion offrant des possibilités de réduction des émissions (cogénération, cycle combinés...),
- Les innovations visant à réduire les émissions et la consommation de carburant dans les transports.

L'étude des capacités d'innovations de la Chine et du Japon dans le champ environnemental va révéler trois conclusions concernant les tendances d'innovations vertes dans les deux pays, la spécialisation des activités de recherche et développement sur la sphère environnementale ainsi que la croissance des brevets déposés par la Chine dans ce domaine.

Premièrement, bien que largement inférieur en valeur absolue (*Cf.* Graphique II.5), le nombre de brevets verts déposés par des inventeurs chinois est en forte croissance depuis 1990, passant de 0.5 en 1991 à 125 en 2009. La croissance des brevets représentée par le Graphique II.6 (exprimée en indice base 1 en 1990) met en évidence que les brevets chinois dans le domaine de l'environnement connaissent une augmentation significativement plus élevée que ceux enregistrés tous domaines confondus.

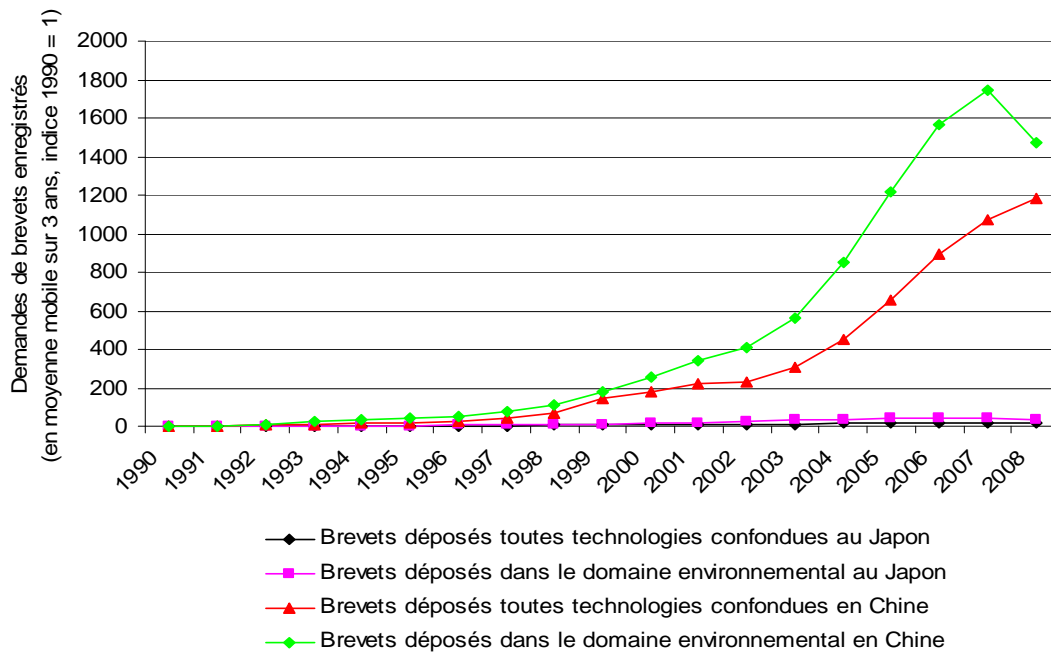
⁷⁰ Pour une représentation graphique de la croissance des demandes mondiales de brevets enregistrées dans le secteur de l'environnement, se référer au Graphique 2 de l'Annexe 11.

Graphique II.5 Demandes de brevets enregistrées dans le champ environnemental et tous domaines technologiques confondus en Chine et au Japon (1990-2008)



Notes : La date de référence retenue est la date de priorité et les brevets sont comptabilisés selon le pays de résidence de l'inventeur. Des comptes fractionnés sont appliqués pour des brevets qui ont de multiples inventeurs [OCDE, 2009b].

Graphique II.6. Croissance des demandes de brevets enregistrées dans le champ environnemental et tous domaines technologiques confondus en Chine et au Japon (1990-2008)



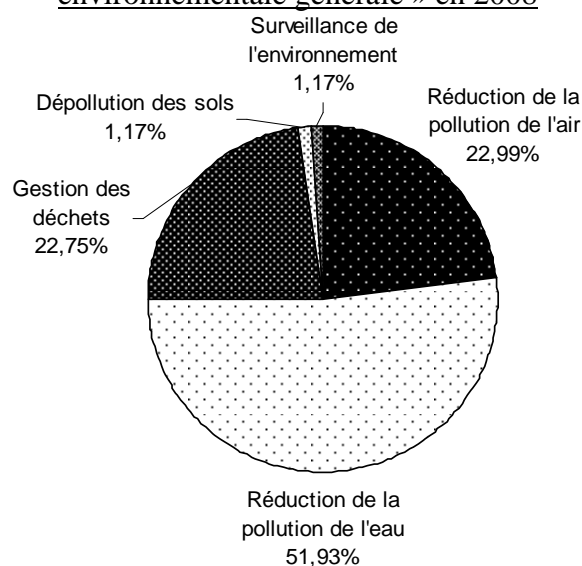
Note : La désignation des brevets environnementaux reprend la classification de l'OCDE, Cf. Encadré II.1.

Source : Les graphiques II.5 et II.6 sont construits d'après la base de l'OCDE consultée le 29/03/2012 disponible à l'adresse <<http://stats.oecd.org/index.aspx?lang=fr>>

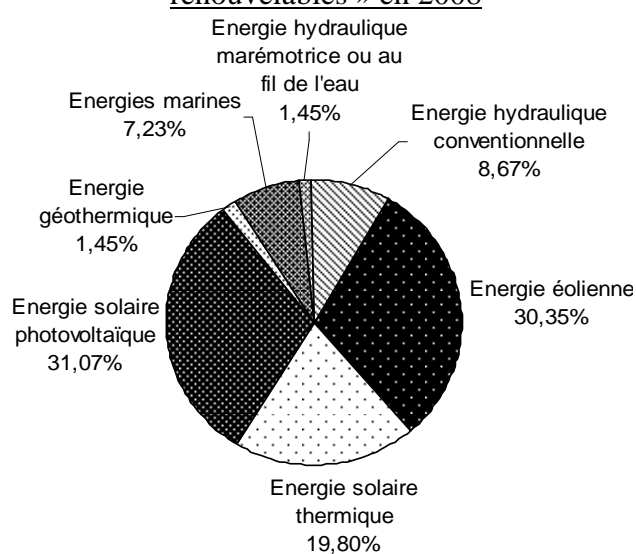
Deuxièmement, le Japon est particulièrement actif dans le domaine de l'innovation environnementale, sachant que les demandes de brevets relatifs à ces technologies représentent 10.61% de tous les brevets japonais en 2008, ce taux est supérieur à celui calculé au niveau mondial, qui s'établit à 7.57% à cette date. Plus précisément, en 2008, 26.56% des innovations vertes japonaises sont liées à des technologies ayant un potentiel de réduction des émissions, dont plus de la moitié (58.63%) concerne le stockage de l'énergie.

Troisièmement, bien que significativement moins performants dans le champ de l'innovation environnementale (les innovations vertes représentent 4.4% des brevets chinois en 2008), les efforts de recherche et développement chinois semblent concentrés sur deux types de technologies vertes : d'une part, celles qui visent à réduire les pollutions de l'eau (catégorie « gestion environnementale générale »), et d'autre part, les technologies qui ont pour but de générer de l'énergie depuis des sources renouvelables autres que fossiles. Les Graphiques II.7 et II.8 présentent une désagrégation des brevets chinois dans les catégories « gestion environnementale générale » et « production d'énergie à partir de sources renouvelables ». Dans cette dernière catégorie, les innovations se centralisent sur le développement de technologies solaires photovoltaïques (30.35%) et éoliennes (19.80%). Il est nécessaire de préciser que les technologies utilisant l'énergie solaire sont déjà dans une phase de commercialisation en Chine [Cf. Encadré I.4 page 86], similairement aux technologies traditionnelles de biomasse et de géothermie ; alors que les technologies éoliennes ne sont que dans une phase de développement à petite échelle [OCDE, 2009a].

Graphique II.7. Répartition par technologies des brevets chinois déposés dans le domaine de la « gestion environnementale générale » en 2008



Graphique II.8. Répartition par technologies des brevets chinois déposés dans le domaine « des énergies renouvelables » en 2008



Source : D'après la base de l'OCDE consultée le 29/03/2012 disponible à l'adresse <<http://stats.oecd.org/index.aspx?lang=fr>>

Au terme de cette première approche descriptive, il apparaît que, depuis le milieu des années 1990, les pouvoirs publics chinois allouent des montants croissants aux activités de recherche et développement, et ce dans le but d'atteindre un niveau d'intensité technologique similaire à ceux des pays industrialisés. Bien que ces ressources financières et humaines demeurent inférieures à celles mobilisées par le Japon, les éco-innovations sont le secteur pour lequel la croissance des brevets en Chine est la plus dynamique. L'augmentation des dépôts de brevets environnementaux en Chine reflète alors les perspectives de marché liées à la commercialisation de ces biens, mais aussi les préoccupations des pouvoirs publics quant à la protection de l'environnement.

Les activités de R&D chinoises et les personnels affectés à ces activités constituent alors des bases technologiques déterminantes des capacités d'absorption domestiques des technologies importées [MacDonald, 1992a ; Lall, 2003 ; Nurbel *et al.*, 2008]. Dès lors, au-delà des capacités technologiques du pays récipiendaire, l'ampleur des processus de diffusion technologique dépendra de l'environnement d'investissement, et en particulier du niveau de protection des droits de propriété intellectuelle. La partie suivante (1.1.3) a alors pour objectif de questionner la relation entre les DPI et la diffusion technologique.

1.1.3. *Transferts de technologies et droits de propriété intellectuelle (DPI)*

Les transferts de technologies du Japon vers la Chine soulèvent inmanquablement la question des droits de propriété intellectuelle, et de l'opérationnalité de ces derniers afin de favoriser ou non l'acquisition de technologies étrangères. Selon la définition de l'OMC :

« Les droits de propriété intellectuelle sont les droit conférés à l'individu par une création intellectuelle. Ils donnent généralement au créateur un droit exclusif sur l'utilisation de sa création pendant une certaine période. (...) On peut dire que la propriété intellectuelle englobe deux grands domaines : elle concerne d'abord la protection de signes distinctifs, notamment les marques de fabrique ou de commerce (...) et les indications géographiques (...). D'autres types de propriété industrielle sont aussi protégés principalement pour encourager l'innovation, la conception et la création technologiques. Il s'agit notamment des inventions (protégées par des brevets), des dessins et modèles industriels et des secrets commerciaux. L'objectif social est de protéger les résultats des investissements réalisés dans la mise au point de technologies nouvelles, de façon à encourager les activités de recherche et développement dans ce domaine et à donner les moyens de les financer. Un régime de propriété intellectuelle opérationnel devrait également faciliter le transfert de technologies par la voie d'investissements étrangers directs, de co-entreprises et de concessions de licences. La protection est généralement accordée pour une durée déterminée (20 ans en principe dans le cas des brevets) » [OMC⁷¹].

Les DPI incluent alors les brevets, les marques ou encore les droits de copyright. Ils confèrent à l'inventeur de la technologie le droit exclusif d'application, de commercialisation et d'exploitation de cette dernière. Les DPI permettent ainsi de sécuriser l'environnement d'investissement dans les pays récipiendaires de technologies, et de favoriser la rentabilité des processus de diffusion technologique.

Bien que les autorités chinoises aient mis en place depuis une vingtaine d'année un cadre légal de propriété intellectuelle comparable à celui des pays industrialisés, l'application de ces dispositions sur leur territoire demeure problématique [Liu, 2005 ; Laperche, 2006]. Comme le souligne B. Laperche (2006) « *l'accroissement du nombre de brevets déposés en Chine au cours des années 1990 est allée de pair avec l'augmentation du nombre de procès pour contournement de brevet. La propriété intellectuelle en Chine est une notion nouvelle, et l'imitation voire le copiage ont longtemps été pratiques communes* » [Laperche, 2006, p.15]. Afin d'améliorer l'environnement d'investissement et d'attirer technologies et firmes

⁷¹ Définition fournie par l'OMC disponible sur le site de l'Organisation consulté le 19/12/11, à l'adresse <http://www.wto.org/french/tratop_f/trips_f/intell_f.htm>

étrangères, les autorités chinoises ont ratifié tous les traités et conventions internationaux (Cf. Tableau II.2) et publié de nombreux « papiers blancs » sur la protection des DPI sur leur territoire⁷². Le dernier rapport en 2008 souligne les progrès qui ont déjà été réalisés dans l'amélioration de la protection de la propriété intellectuelle, le respect de ces droits permettant de renforcer les capacités d'innovation nationales et la productivité⁷³ [*State Intellectual Property Office of the People's Republic of China (SIPO), 2008*].

Tableau II.2. Traités internationaux, conventions et accords ratifiés par la Chine

Traités internationaux, conventions et accords	Année
Convention établissant l'organisation mondiale de la propriété intellectuelle. La Chine devient membre de cette organisation	1980
Convention de Paris sur la Protection de la Propriété industrielle	1985
Traité sur la propriété intellectuelle concernant les circuits intégrés	1989
Accord de Madrid concernant l'enregistrement international des marques	1989
Convention de Berne pour la protection des œuvres littéraires et artistiques	1992
Convention de Genève sur la protection des producteurs de phonogrammes et contre la reproduction non autorisée de leurs phonogrammes	1992
Convention Universelle de l'Unesco sur le droit d'auteur	1992
Traité de coopération des brevets	1993
Traité de Budapest sur la reconnaissance internationale du dépôt de micro-organismes en vue de la procédure de brevets	1993
Accord sur les droits de propriété intellectuelle relatifs au commerce	2001

Source : D'après Yang D. et Clarke P., 2005, Globalisation and intellectual property in China, *Technovation*, Vol.25, N°5, p.550

La question des DPI est intimement liée à la problématique des transferts de technologies en général, mais aussi à la question des diffusions de technologies environnementales. Les pays développés voient dans la protection des DPI un outil important de protection des inventions et des profits liés à la commercialisation des technologies nouvelles. Comme le souligne le GIEC, dans son rapport de 2000 sur les transferts de technologies, les bénéfices liés à un régime de protection des DPI sont multiples : ils permettent de doper les investissements dans les nouvelles technologies, de favoriser les efforts de recherche et développement en contrebalançant les coûts d'un processus d'innovation et les bénéfices de l'acquisition de technologies étrangères, et entraînent la

⁷² *White Paper on the Intellectual Property Rights Protection in China* en 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006 ; disponibles à l'adresse <http://www.sipo.gov.cn/sipo_English/laws/whitepapers/>

⁷³ Dans ce rapport de 2008 sur les DPI en Chine, le Premier Ministre Wen Jiabao a fait le discours « *One thing necessary to stress is to concretely strengthen IPR [DPI] protection. In the new era, competition of world science and technology as well as economy is mainly competition of IPRs. Underscoring IP protection is underscoring and inspiring innovation* » [SIPO, 2008, p.1].

divulgaration publique de technologies brevetées sans risque de copie ou d'imitation [GIEC, 2000]. Les DPI constituent, dans ce sens, un facteur facilitateur des transferts de technologies, même si cet argument est relativisé par les PED. Ces derniers voient ainsi dans une trop forte protection de la propriété intellectuelle des coûts de diffusion plus élevés, se matérialisant par des frais de licences à la charge du pays récipiendaire [Maskus, 2004]. « *Les PED, les pays les moins développés et les producteurs leaders des technologies ne sont pas d'accord sur le rôle des droits de propriété intellectuelle [permettant de] (...) favoriser les niveaux optimaux de l'innovation, la diffusion, et le déploiement des technologies environnementales, ce désaccord [ayant] émergé comme une faille importante dans les négociations sous l'égide de l'UNFCCC* » [Maskus et al., 2010, p.vii].

Les accords de 1994 sur les Aspects des Droits de Propriété Intellectuelle qui touchent au Commerce (ADPIC ou selon l'acronyme anglais *TRIPS –Trade Related aspects of Intellectual Property rights*) ont été négociés dans le contexte de l'Uruguay Round afin de d'homogénéiser les pratiques nationales et de favoriser le commerce et la diffusion technologique. L'Encadré II.2 résume l'accord ADPIC d'après les informations fournies par l'OMC.

Encadré II.2. Accord sur les ADPIC, principes fondamentaux

« Le degré de protection et de respects de ces droits [de propriété intellectuelle] variait beaucoup d'un pays à l'autre ; comme la propriété intellectuelle joue désormais un rôle important dans le commerce, des différences sont devenues une source de tensions dans les relations économiques internationales. L'élaboration de nouvelles règles commerciales convenues au niveau international pour les droits de propriété intellectuelle est apparue comme un moyen de renforcer l'ordre et la prévisibilité et de régler les différends de manière plus systématique.

Le cycle de l'Uruguay a permis d'obtenir ce résultat. L'accord de l'OMC sur les ADPIC vise à atténuer les différences dans la manière dont ces droits sont protégés de par le monde et à les soumettre à des règles internationales communes. Il fixe des niveaux minimums de protection de la propriété intellectuelle que chaque gouvernement doit assurer aux autres membres de l'OMC. Ce faisant, il établit un équilibre entre les avantages à long terme et les coûts éventuels à court terme pour la société. Comme la protection de la propriété intellectuelle encourage la création et l'invention, la société en retire des avantages à long terme, en particulier lorsque la période de protection arrive à expiration et que les créations et inventions tombent dans le domaine public. Les gouvernements sont autorisés à réduire les coûts à court terme par le biais de diverses exceptions, par exemple pour s'attaquer à des problèmes de santé publique. »

Principes fondamentaux :

« Comme dans le GATT et l'AGCS, l'Accord sur la propriété intellectuelle repose sur des principes fondamentaux. Et, comme dans les deux autres accords, l'accent est mis sur la non-discrimination:

- *traitement national (égalité de traitement pour les ressortissants et les étrangers),*
- *et traitement de la nation la plus favorisée (égalité de traitement pour les ressortissants de tous les partenaires commerciaux à l'OMC) ».*

« L'Accord sur les ADPIC énonce un autre principe important: la protection de la propriété intellectuelle doit contribuer à l'innovation technique et au transfert de technologie. Elle devrait profiter aussi bien aux producteurs qu'aux utilisateurs et contribuer à l'accroissement du bien-être économique et social. »

Transferts de technologies :

« Les pays en développement, en particulier, considèrent que le transfert de technologie fait partie de l'accord qu'ils ont passé lorsqu'ils sont convenus de protéger les droits de propriété intellectuelle. L'accord sur les ADPIC comprend un certain nombre de dispositions sur la question. Par exemple, il dispose que l'un des objectifs de la protection de la propriété intellectuelle est de promouvoir l'innovation et le transfert de technologies et que les gouvernements des pays développés doivent offrir des incitations à leurs entreprises afin de promouvoir le transfert de technologies vers les pays les moins avancés (article 66:2) ».

Sources : Site internet de l'OMC consulté le 20/12/2011 : pour les principes fondamentaux de l'ADPIC consulter <http://www.wto.org/french/thewto_f/whatis_f/tif_f/agrm7_f.htm> et pour la question des transferts de technologies se référer à <http://www.wto.org/french/tratop_f/trips_f/techtransfer_f.htm>

Les accords ADPIC ont permis d'homogénéiser la loi en accord avec des standards minimums pour la protection et le renforcement d'une grande variété de DPI. Les accords stipulent que les inventions peuvent être protégées par un brevet pendant au moins vingt ans mais des flexibilités ont été intégrées dans les accords, telles que la concession de licences obligatoires afin de favoriser l'exploitation des technologies visées par les PED. Dans le cas des technologies environnementales, comme le souligne le GIEC, de nombreuses

technologies vertes ne sont pas protégées et les principales barrières empêchant leur accès aux PED seraient le manque d'expertise technique et de savoir-faire spécifiques, l'absence de ressources humaines qualifiées, ainsi que le manque d'incitations aux détenteurs de la technologie pour leur transfert⁷⁴ [GIEC, 2000]. Dans le cas des technologies vertes brevetées, les DPI apparaissent à la fois comme une incitation et un obstacle au transfert.

En effet, les travaux de Maskus (2004) et Maskus *et al.* (2010) auprès de l'ICTSD se sont focalisés sur la problématique des DPI dans le contexte de diffusion des technologies environnementales. D'une part, les droits liés à l'exploitation des brevets apparaissent comme un déterminant positif des exportations de biens de haute technologie dans les pays de l'OCDE. D'autre part, les auteurs soulignent que le renforcement des droits de propriété intellectuelle dans les pays à revenus moyens favorise les investissements étrangers entrants dotés d'un plus fort contenu technologique, les contrats de licences permettant de diffuser les technologies, et supporte par là même l'établissement de marchés de hautes technologies plus compétitifs [Maskus *et al.*, 2010].

Ivus (2010) a évalué empiriquement l'impact d'un renforcement des droits de protection des brevets dans les PED sur les exportations des pays industrialisés (période 1962-2000). Ses résultats sont conformes à ceux de Maskus *et al.* (1995) et vont à l'encontre de l'argument souligné par de nombreux PED, selon lequel breveter les innovations entraverait la diffusion technologique du fait de l'augmentation des coûts d'acquisition. D'abord, un renforcement des droits sur les brevets dans les PED est lié avec une augmentation de l'ordre de 8.6% de leurs importations depuis les industries innovantes des pays développés⁷⁵. Ensuite, les données sur la période 1994-2000 mettent en évidence le fait que cette augmentation de la valeur des importations de hautes technologies est conduite par un accroissement des quantités et non des prix des biens. Dans le cas des pays à revenus moyens, le renforcement des DPI ne peut alors pas être considéré comme une barrière à la diffusion technologique et est positivement corrélé avec l'augmentation des importations de

⁷⁴ Cette dernière barrière peut être dépassée grâce à des incitations financières afin d'encourager les projets de transferts, ou encore par la mise en œuvre d'accords bilatéraux ou multilatéraux, comme par exemple le Fond pour l'Environnement Mondial (FEM ou selon l'acronyme anglais *Global Environmental Facility* – GEF). Cet organisation accorde des financements aux PED et aux pays en transition pour des projets verts (biodiversité, changement climatique, eaux internationales, couches d'ozone et polluants organiques). Pour plus d'informations, consulter le site internet du FEM disponible à l'adresse <<http://www.thegef.org/gef/>>

⁷⁵ Ivus (2010) souligne que cet effet positif entre les DPI et les importations est plus fort pour les industries qui reposent fortement sur la protection des brevets, telles que les produits médicaux et pharmaceutiques ainsi que les équipements scientifiques et professionnels.

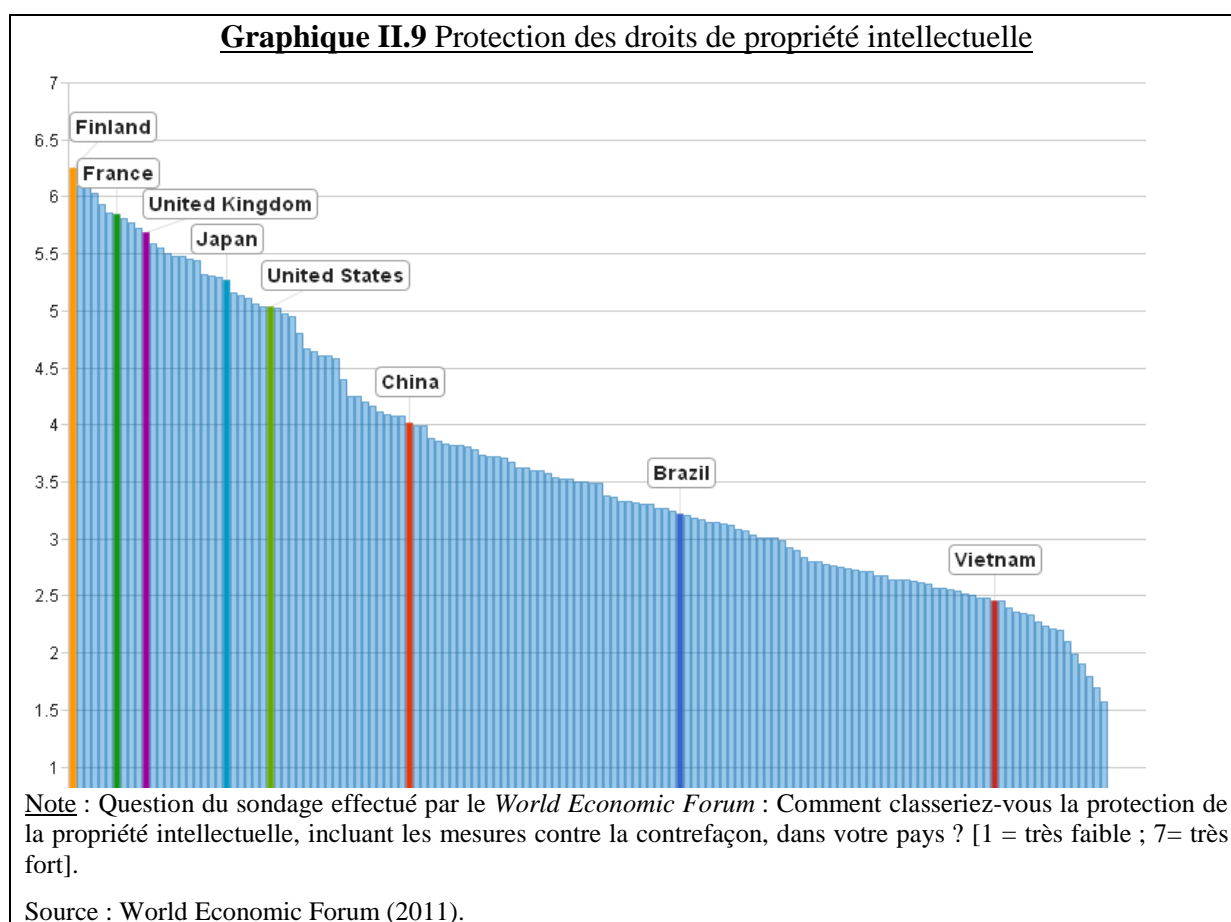
ces types de bien⁷⁶. Dès lors, la relation entre le commerce et les droits sur les brevets dépend aussi des capacités d'imitation du pays importateur. En étudiant le cas des exportations américaines en 1992, Smith (1999) a montré empiriquement qu'une faible protection des brevets restreint les exportations américaines, mais seulement dans le cas des PED ayant un fort potentiel d'imitation (approximé par la part des dépenses de R&D dans le PIB), tels que la Chine.

Il y a bien un consensus dans la littérature sur l'existence d'une corrélation positive entre la protection des DPI et les IDE entrant dans les PED [Blyde *et al.*, 2003, Blyde 2006 ; Maskus *et al.*, 2010], les droits sur les brevets sécurisant l'environnement d'investissement. Dans ce cadre, le renforcement des DPI peut avoir un impact négatif sur les flux commerciaux, ces derniers étant remplacés par des flux d'IDE entrant dans le PED et visant à la création d'unités de production. En somme, le cadre légal des droits de propriété intellectuelle est un facteur facilitateur des transferts de technologies environnementales, à l'instar des activités domestiques de recherche et développement.

Le cas chinois est particulier lorsqu'il est question de protection des droits de propriété intellectuelle étant donné que les autorités ont mis en place un cadre légal similaire à celui des pays industrialisés [Laperche, 2006] mais que de nombreuses imitations demeurent produites sur son territoire (27% des imitations totales des produits japonais dans le monde étaient fabriquées en Chine en 1999 [You *et al.*, 2005]). Bien que des efforts significatifs aient été mis en œuvre en Asie (l'accord TRIPS y est effectif depuis le début des années 2000), le *Japanese Patent Office Annual Investigation Report* (2007) souligne qu' « *il est à craindre que les affaires de contrefaçons impliquant des entreprises japonaises augmentent en raison du développement des technologies industrielles dans des pays comme la Chine et*

⁷⁶ Maskus (2010) relativise ce résultat dans les cas des PED à faibles revenus et des PMA. Pour des pays ne possédant pas de ressources et de capacités technologiques domestiques suffisantes (manque d'infrastructures et de main-d'œuvre qualifiée), les DPI peuvent agir comme un obstacle à l'acquisition de technologies étrangères étant donné qu'ils limitent les possibilités d'imitation et de réplique des technologies.

la République de Corée » [Japan Patent Office, 2007, p.118]⁷⁷. De plus, les sondages effectués par le *World Economic Forum* montrent que la Chine ne se classe que 47^{ème} sur les 142 pays étudiés (le Japon étant positionné en 22^{ème} position) lorsqu'il est question de la protection des DPI, avec un indicateur de protection des DPI s'élevant à 4 sur une échelle de 1 à 7 en 2011 (l'indicateur du Japon étant de 5.3) (Cf. Graphique II.9).



⁷⁷ Le *Japanese Patent Office* a mis en œuvre des sessions de discussions et de coopération avec les instances régionales asiatiques (APEC, ASEAN) ainsi que plusieurs pays d'Asie (négociations d'*Economic Partnership Agreements* (EPA) avec Singapour, la Thaïlande, la Malaisie, le Vietnam, l'Indonésie ou encore les Philippines) dans lesquelles sont intégrées les problématiques d'amélioration des systèmes de protection des DPI existant. La coopération sino-japonaise dans le domaine des DPI se matérialise par des consultations entre les deux offices nationaux des brevets afin d'améliorer les lois existantes dans ce champ en Chine, ainsi que l'envoi d'experts en Chine et l'accueil de stagiaires chinois au Japon [Japan Patent Office, 2007]. Le Japon a de plus conduit, avec les ministères chinois, différents programmes de coopération : établissement d'un groupe de travail sur les droits de propriété intellectuelle avec le Ministère du Commerce chinois (juin 2009), mémorandum sur la coopération relative aux marques (août 2009), sur la coopération entre les offices nationaux de brevets (décembre 2009), ainsi que sur le développement des ressources humaines dans les instances de protection des DPI (septembre 2009) [Japan Patent Office, 2011].

De plus, les travaux de You *et al.* (2005) sur le lien entre les DPI en Chine et les IDE japonais ont mis en évidence un résultat plutôt contre-intuitif : la protection des DPI en Chine faciliterait l'imitation illégale locale mais aussi la diffusion technologique sur son territoire. A partir de l'envoi de questionnaires à 412 firmes japonaises implantées sur le territoire chinois, les auteurs ont mis en évidence qu'en moyenne 30% des produits des filiales japonaises ont été imités. L'étude des données sur ces filiales montre que les systèmes d'enregistrement des brevets et des marques en Chine ne fonctionnent pas d'une manière efficiente. Ainsi, l'information détaillée rendue publique lors de la publication du brevet favorise les dynamiques d'imitation tout en limitant les ressources nécessaires aux imitateurs. Les auteurs n'ont pas pu mettre en évidence l'existence d'une corrélation entre les IDE japonais entrants et la nature du système de DPI en Chine, sachant que d'autres facteurs interviennent dans les choix de localisation, tels que le degré de concentration des marchés et le niveau de concurrence [You *et al.*, 2005].

En dernier lieu, un renforcement des DPI faciliterait les transferts de technologies vers les PED, étant donné que les firmes auraient tendance à internationaliser leur processus productif et à favoriser la signature de contrats de licences lorsque l'environnement est sécurisé [Bosworth *et al.*, 2000]. La qualité des technologies transférées est alors positivement corrélée avec la robustesse des DPI et les capacités domestiques technologiques [Maskus, 2004]. Afin de vérifier ces résultats, Park *et al.* (2008) ont cherché à tester deux hypothèses : H1 : les DPI stimulent les transferts de technologies et H2 : les DPI peuvent favoriser l'innovation locale. Leur analyse a débouché sur trois résultats principaux :

- Premièrement, les protections sur les innovations (brevets), les *copyrights* et les marques sont des déterminants statistiquement significatifs des IDE entrants.
- Deuxièmement, cette relation entre DPI et IDE varie selon le niveau de développement des pays étudiés. Bien que la relation soit positive pour tous les groupes de pays étudiés, elle est de plus forte ampleur dans le cas des pays industrialisés étant donné que d'autres facteurs complémentaires incitent à l'implantation des IDE sur ces territoires.
- Enfin, troisièmement, en se focalisant sur les PED, leur étude empirique a permis de valider les deux hypothèses testées. Un renforcement de la protection des innovations favorise directement les activités locales de R&D, et les transferts de technologies sont accrus du fait d'une amélioration des capacités d'appropriation des technologies importées.

En résumé, cette sous-section avait pour objectif de démontrer la nécessité de capacités d'absorption des technologies importées afin de faciliter la diffusion technologique et leur appropriation par le pays récipiendaire. Il apparaît alors que la Chine, par le biais des dépenses et des personnels affectés aux activités de recherche et développement, construit des bases technologiques qui incitent et facilitent la diffusion. Au-delà de ces capacités d'absorption, la stabilité et la sécurité de l'environnement d'investissement affectent positivement la nature et la densité des transferts de technologies. Le renforcement de la protection des DPI sur le territoire chinois est alors un facteur « facilitateur » supplémentaire des transferts de technologies.

Ces bases technologiques favorisent de ce fait l'implantation d'entreprises étrangères sur le sol chinois, et par ce biais, l'acquisition d'équipements novateurs. La sous-section suivante a pour objectif d'analyser la relation entre les flux d'IDE entrants et les dynamiques de diffusion technologique, en mettant en évidence une propension élevée à l'acquisition de technologies étrangères en Chine.

1.2. Orientation des investissements directs entrants et diffusion technologique en Chine

Les flux d'investissement entrant dans les PED apparaissent dans la littérature académique comme un canal significatif de diffusion technologique, impactant positivement l'efficacité productive – énergétique – des firmes domestiques [Blackman *et al.*, 1998 ; Sun *et al.*, 1999 ; Wei *et al.*, 2006]. Si des technologies environnementales peuvent transiter par ces flux de capitaux, il est de la responsabilité des Etats d'orienter ces investissements vers les secteurs et zones géographiques stratégiques. La sous-section suivante a alors pour objectif de déterminer des tendances de transferts de technologies au travers des IDE entrant en Chine, plutôt que de proposer une quantification de ce phénomène du fait du manque de données désagrégées permettant une analyse empirique précise. Pour ce faire, l'analyse de la littérature sur la relation entre IDE et diffusion technologique effectuée dans un premier temps permet de mettre en évidence l'existence de *spillovers* technologiques liés aux IDE entrants (1.2.1). Cette propriété des IDE, couplée aux directives gouvernementales les régissant, fait apparaître des tendances de transferts élevées par le biais de ces flux (1.2.2).

1.2.1. Investissements étrangers, *spillovers* et diffusion technologique

L'impact des flux économiques en tant que canaux de transmission des connaissances et des technologies a fait l'objet de nombreuses publications scientifiques [Reddy *et al.*, 1990 ; Coe *et al.*, 1995, 1997 ; Eaton *et al.*, 1999 ; Boissin *et al.*, 2000 ; Chung, 2001 ; Mattoo *et al.*, 2001]. Coe et Helpman (1995) et Coe, Helpman et Hoffmaister (1997) ont mis en évidence que les effets externes des technologies profitent à tous les pays, et notamment aux pays en développement par le biais du commerce international. Dans ce sens « *en commerçant avec un pays industrialisé qui a un large stock de connaissances du fait de ses activités cumulées de R&D, un PED peut booster sa productivité en important une large variété de produits intermédiaires et d'équipements en capital contenant des connaissances étrangères, et en acquérant de l'information utile qui serait plus coûteux d'acquérir autrement* » [Coe *et al.*, 1997, p.134]. Cette propriété de vecteur de technologie du commerce international est alors étendue aux flux de capitaux, les IDE étant des canaux de transmission

des innovations technologiques en général et des technologies environnementales en particulier.

Ainsi, l'acquisition (partielle ou totale) d'une entreprise existante ou la création d'une filiale dans un PED permet de transmettre, d'une part, des technologies plus compatibles avec le respect de l'environnement, et d'autre part, un ensemble d'expérience managériale, de techniques de production, de connaissances et de compétences qui représente un stock d'actifs pour la production et peut être acquis *via* des processus de formation ou une dynamique de *learning by doing* [GIEC, 2000]. Cette deuxième dimension de la technologie – *software technologies* – ne peut être transférée vers les PED qu'au travers des investissements étrangers, sachant que beaucoup de technologies et savoir-faire utilisés par les firmes dans les pays industrialisés le sont aussi par les filiales des FTN dans les PED.

Bien que les IDE apparaissent comme un canal de transferts de technologies vers les pays en développement, la multiplicité des flux et l'indisponibilité des données à un niveau désagrégé handicapent l'analyse empirique visant à quantifier ce processus. Ainsi, les données sur les flux et stocks d'IDE sont issues des statistiques du compte financier des balances des paiements, la définition précise de ce terme faisant consensus étant fournie par deux organisations internationales : le FMI et l'OCDE. Afin de les distinguer des investissements de portefeuille, deux catégories de critères sont utilisées : l'horizon temporel (l'investisseur est supposé avoir acquis un intérêt de long terme dans l'entreprise investie) et la motivation de l'investisseur (il doit exercer un certain degré d'influence sur la gestion de l'entreprise investie). Ainsi, pour être classé comme IDE, le flux d'investissement direct doit représenter au moins 10% du capital de l'entreprise destinataire, afin de démontrer une volonté de contrôle sur cette dernière et de la distinguer des investissements de portefeuille dont la logique est purement spéculative [FMI, 1993].

Les flux d'IDE peuvent ensuite être désagrégés entre *greenfield* et *brownfield investment*. Ce premier terme fait référence aux investissements directs qui ont pour but la création d'une nouvelle entité productive, alors que le terme *brownfield* concerne les investissements qui visent à racheter une entreprise préalablement existante dans l'économie d'accueil, afin d'en prendre le contrôle. Il convient de souligner que dans la littérature théorique sur les IDE, il est majoritairement question des investissements *greenfield*, où la création de nouvelles capacités de production se substitue aux exportations existantes. Toutefois, cette option théorique ne se vérifie pas empiriquement, les fusions et acquisitions étant le mode d'entrée prédominant des FTN [Stephan *et al.*, 1998]. Cette approche théorique

s'explique par le fait que seul un investissement *greenfield* se traduit par un investissement au sens de la comptabilité nationale, étant donné que les investissements *brownfield* traduisent simplement un changement dans la répartition des droits de propriété [Levasseur, 2002]. Ainsi, dans cette dernière situation, les transferts de technologies ne se font qu'après l'investissement, et ne peuvent donc pas être comptabilisés par ces flux.

De surcroît, lorsque l'analyse est concentrée sur les transferts de technologies protectrices de l'environnement, rien ne garantit que ces flux témoignent de transferts de technologies, et encore moins de techniques de production plus respectueuses de l'environnement. Les données concernant les IDE recouvrent également plusieurs situations – paiements en capital, bénéfiques réinvestis, et prêts intra-firme –, tous les flux d'IDE n'étant pas utilisés pour des activités d'investissements réels. Les IDE peuvent aussi recouvrir des activités comptables d'échange de dettes entre les firmes. Ces flux représentent la somme investie par des FTN dans des filiales étrangères sur une période limitée (conventionnellement une année), mais cette somme peut être dépensée par la filiale pour accumuler des actifs (dans ce sens, il peut y avoir une dynamique de transfert de technologies vertes), ou encore pour rembourser des crédits passés. Dans ce cadre, les données sur les stocks d'IDE dans un pays ne représentent que le potentiel de production (position d'investissement) sous le contrôle des investisseurs étrangers [Stephan *et al.*, 1998]. Enfin, la complexification des transactions internationales et les difficultés d'identification de l'investisseur ultime accroissent les problèmes méthodologiques et perturbent l'interprétation de ces statistiques [Bricongne *et al.*, 2006].

Les stratégies d'internationalisation des FTN peuvent de plus recouvrir deux situations différentes, selon les motifs économiques à l'origine des investissements [Mouhoud, 2006]. D'une part, les IDE de pénétration (ou IDE de nature horizontale) relèvent d'une logique de conquête de nouveaux marchés, les principaux déterminants économiques à la localisation étant la taille du marché, le revenu par habitant, l'accès à des marchés régionaux, les préférences des consommateurs locaux ainsi que la structure de marché. D'autre part, les IDE de délocalisation (ou IDE de nature verticale) témoignent d'une volonté de baisse des coûts et/ou de recherche de gains d'efficacité, la présence d'une main-d'œuvre à bas coûts ainsi que les infrastructures physiques incitant à la décomposition internationale des processus productifs [Aubin *et al.*, 2006].

La stratégie des firmes nippones vis-à-vis des économies asiatiques et plus particulièrement de la Chine est double. Le motif le plus commun est la volonté d'utilisation de la main-d'œuvre locale, à hauteur de 68% des réponses des petites et moyennes entreprises interrogées par Urata *et al.* (2000). Toutefois, un nombre significatif d'entreprises japonaises indiquent que la volonté de conquête des marchés locaux est un déterminant important (46.2% des petites et moyennes entreprises l'ont indiqué), cette stratégie est donc couplée à une logique de rationalisation de la production. Les firmes japonaises ont diversifié leurs projets d'investissement sur le territoire chinois, la relation de nature verticale ayant évolué vers une intégration croissante des firmes domestiques à travers des relations de sous-traitance et de coopération [Milelli, 2003]. De plus, l'agglomération industrielle et les externalités technologiques sont des éléments importants expliquant la localisation des FTN japonaises, les effets d'agglomération liés à la proximité géographique entre des firmes permettant de favoriser la diffusion technologique à l'intérieur du territoire chinois [Krugman, 1991 ; Boissin *et al.*, 2005].

L'internationalisation des activités de recherche et développement peut être également un vecteur de diffusion technologique important. Selon Coe *et al.* (1997), la productivité totale des facteurs d'un PED sera d'autant plus importante que le stock d'activité de recherche et développement étranger est substantiel, et que l'économie du pays récipiendaire importe des biens d'équipements novateurs. La Chine apparaît désormais comme un acteur important dans les activités de R&D, évolution qui peut être attribuée partiellement à la globalisation de ces activités et au succès de la Chine dans l'attraction des firmes étrangères et de leurs opérations de R&D. Ainsi, au Japon, la part des investissements en R&D des firmes domestiques a augmenté plus fortement à l'étranger que sur le territoire national⁷⁸, la création de connaissances et leur exploitation étant donc devenues fortement mondialisées [Mouhoud, 2006 ; Lundin *et al.*, 2007].

La concentration des activités de recherche et développement dans un pays peut être expliquée par l'existence de forces centralisatrices, lesquelles favorisent les économies d'échelles dans les activités d'innovation et réduisent les coûts de coordination entre les

⁷⁸ Lundin *et al.* (2007) qualifient cette dynamique de « *changement fondamental dans la géographie économique internationale, dans laquelle la création de connaissance et son exploitation sont devenus fortement internationalisés et mobiles.* (...) [Ainsi,] *dans une récente étude, les entreprises multinationales classent la Chine comme un des pays les plus attractifs pour la localisation de futurs investissements en R&D, suivie par les Etats-Unis et l'Inde* » [Lundin *et al.*, 2007, p.3].

différentes unités de R&D [Krugman, 1979 ; 1981]. Les externalités technologiques jouent ici un rôle majeur dans la détermination de la localisation géographique des activités d'innovation, les activités de R&D étant relativement géographiquement plus concentrées que d'autres activités productives. La concentration géographique des firmes rend alors plus facile la diffusion des connaissances en raison de la proximité des firmes les unes par rapport aux autres [Rezgui, 2004] et le transfert de savoir-faire plus complexes est alors facilité par l'existence de capacités d'assimilation et d'appropriation locales [Lall, 1987 ; 2003 ; Nurbel *et al.*, 2008].

Ces types d'IDE constituent un canal important de transfert de technologies. Premièrement, ils permettent d'aider les firmes domestiques à acquérir les technologies étrangères qui ne sont pas disponibles sur le marché intérieur, ces dernières devant disposer de fortes capacités d'assimilation des technologies nouvelles [Zunsheng Yin, 1992]. Les actifs corporels et/ou incorporels des firmes étrangères peuvent être, volontairement ou non, transférés du fait des programmes de formation des personnels locaux et des relations commerciales et contractuelles avec les firmes domestiques. Ce processus de diffusion technologique affecte alors positivement la productivité des firmes locales [Sun *et al.*, 1999]. Deuxièmement, les activités de R&D conduites par les firmes étrangères sur le marché domestique génèrent des effets d'entraînement, d'apprentissage et des externalités positives qui bénéficient au développement industriel du pays récipiendaire [Lundin *et al.*, 2007]. Enfin, les IDE entrants ont un effet pro-concurrentiel, ce qui améliore l'efficacité productive et l'allocation des ressources des firmes et de la branche industrielle dans sa globalité. Face à cet accroissement de la concurrence, les firmes domestiques doivent améliorer leur propre efficacité productive pour assurer leur survie sur le marché, ce qui conduit à une augmentation de la productivité du fait des gains d'efficacité technique et productive [Chung, 2001].

L'établissement d'activités de R&D dans certains PED peut également être destiné à supporter les unités de production localisées dans ces pays et ainsi faciliter la mise en place de plates-formes d'exportation, à travers le renforcement des capacités technologiques des filiales étrangères. La stratégie d'implantation des activités de R&D en Chine peut alors être qualifiée de « *Home-based exploiting FDI in R&D* » [OCDE, 2005a ; Lundin *et al.*, 2007], signifiant que la firme investisseuse exploite les avantages en termes de technologie de son pays d'origine dans un pays étranger, lequel est relativement moins bien doté en facteur

capital. Dans ce sens, ce type d'IDE revient donc à une importation de technologies et de capital de la part de l'économie chinoise.

Au-delà de cette relation évidente entre IDE et diffusion technologique, plusieurs études empiriques se sont concentrées sur les impacts économiques des IDE entrant en Chine [Sun *et al.*, 1999 ; Yu *et al.*, 2002 ; Hu *et al.*, 2002, Hale *et al.*, 2006]. Premièrement, les travaux de Sun *et al.* (1999) sur 28 industries manufacturières chinoises ont démontré une relation positive entre l'importance des IDE et l'efficacité productive des firmes et, plus généralement, ces auteurs ont mis en évidence l'effet positif de l'ouverture au commerce sur l'efficacité technique. Plus récemment, l'étude menée par Wei et Liu (2006) sur un panel de plus de 10 000 entreprises (domestiques et étrangères) en Chine sur la période 1998-2001 a souligné l'existence de *spillovers* technologiques dus aux IDE et aux activités de R&D menées sur le territoire chinois, la présence de firmes étrangères impactant positivement l'efficacité productive des firmes domestiques. Du même ordre, Yu et Demurger (2002) ont montré que les entreprises étrangères en Chine connaissent un contenu technologique et une productivité plus élevés que les entreprises domestiques, l'IDE pouvant être un vecteur de technologies même dans les secteurs faiblement capitalistiques.

Deuxièmement, d'autres études empiriques sur les *spillovers* des IDE en Chine ont abouti à des résultats plus controversés. D'une part, les études sur courtes périodes ont démontré que les IDE entrant en Chine ont tendance à réduire la productivité et les parts de marché des firmes domestiques. Afin d'expliquer cette relation, Hu et Jefferson (2002) ont repris les conclusions de Aitken et Harrison (1999) sur l'étude du cas Vénézuélien : la présence d'entreprises étrangères entraînerait un effet « *market-stealing* » sur le territoire chinois, diminuant la profitabilité des entreprises domestiques. D'autre part, les conclusions de Hu et Jefferson (2002) sur longue période sont contradictoires avec les résultats précédents. Les firmes chinoises qui ont survécu à l'intensification de la concurrence due aux IDE sont capables de bénéficier des technologies et des connaissances introduites sur le territoire par les firmes étrangères.

Enfin, troisièmement, les travaux de Hale et Long (2006) à partir de l'étude de 1500 firmes dans cinq villes chinoises permettent de compléter ces résultats. Ainsi, les firmes qui possèdent des niveaux de productivité initiaux significatifs connaissent des *spillovers* technologiques positifs liés à la présence de firmes étrangères sur le territoire chinois, une dynamique contraire intervenant pour les firmes moins productives. Cette relation peut être expliquée par la présence de capacités d'absorption des technologies dans les firmes les plus

efficaces. Cette conclusion vient alors renforcer les arguments énoncés dans la première partie de cette section, selon lesquels la diffusion technologique prend appui sur les bases technologiques du pays récipiendaire [Hu *et al.*, 2005]. En dernier lieu, ces *spillovers* apparaissent principalement grâce aux mouvements de main-d'œuvre qualifiée entre les firmes étrangères et chinoises et il est important de souligner que le transfert de technologies *software* est alors la principale externalité positive des IDE [Hale *et al.*, 2006].

Les IDE apparaissent ainsi dans la littérature comme un canal de diffusion technologique, engendrant des externalités positives sur la profitabilité économique des firmes domestiques [Sun *et al.*, 1999 ; Wei *et al.*, 2006]. Dès lors, ces conclusions méritent d'être replacées dans le cadre de la problématique de diffusion de technologies environnementales et des gains d'efficacité énergétique attendus de la présence d'entreprises étrangères sur le territoire chinois.

L'effet technique du commerce international [Grossman *et al.*, 1993 ; Copeland *et al.*, 1994], et plus particulièrement des IDE, serait bénéfique à la qualité de l'environnement dans le pays récipiendaire, et ceci grâce à l'introduction de méthodes de production plus propres et de systèmes de dépollution⁷⁹. Les études empiriques sur le lien entre IDE et environnement sur le territoire chinois ont démontré que les firmes étrangères ont tendance à utiliser des techniques de production plus propres que celles couramment utilisées par les firmes domestiques, et que des *spillovers* technologiques bénéficient à la qualité de l'environnement en Chine (transfert de nouvelles technologies, structures et pratiques environnementales) [Guoming *et al.*, 1999 ; Christmann *et al.*, 2001]. D'autre part, Blackman *et al.* (1998) ont montré que les IDE ont un impact positif sur l'efficacité énergétique du secteur de production de l'électricité en Chine : près d'un tiers des 20 centrales étudiées financées par des IDE utilisent des technologies d'une efficacité énergétique supérieure aux techniques

⁷⁹ L'effet d'échelle lié aux IDE conduirait, avec des techniques de production inchangées, dans un premier temps à dégrader l'état de l'environnement dans le pays d'accueil, du fait de l'accroissement de l'activité économique liée à l'entrée de capitaux étrangers. Dans un second temps, la croissance économique induite et l'élévation du niveau de vie des habitants ferait émerger une demande pour un environnement sain plus forte. Au fur et à mesure que le revenu croît, la protection de l'environnement devient une priorité politique de plus en plus importante pour les citoyens du pays [Araya, 2005].

traditionnelles. Ces technologies sont principalement des turbines à gaz à cycle combiné⁸⁰, des centrales à cycle combiné à gazéification intégrée ou encore des technologies de combustion à lit fluidisé qui réduisent les impacts des centrales à charbon sur l'environnement. Bien que n'ayant qu'un impact marginal sur l'efficacité énergétique globale de l'économie, les auteurs soulignent que les centrales utilisant des technologies environnementales avancées favorisent leur diffusion et leur transfert sur le territoire chinois [Blackman *et al.*, 1998].

En résumé, les arguments empiriques et théoriques mobilisés dans cette partie mettent en évidence l'existence de *spillovers* technologiques des IDE entrant en Chine. Ces flux de capitaux, au-delà de posséder un effet pro-compétitif, peuvent aussi dans certaines conditions contribuer à la qualité de l'environnement en Chine. Dès lors, le point suivant complète cette analyse des propriétés technologiques des IDE en mettant en évidence l'orientation de ces flux sur le territoire chinois, et particulièrement les exigences étatiques de transferts de technologies.

1.2.2. Encadrement des IDE en Chine : orientation géographique et exigences de transferts de technologies

La diversité des formes d'entreprises en Chine explique la complexité et la sectorisation de la politique industrielle du gouvernement [Zhao *et al.*, 2008]. Au début des années 1980, les autorités chinoises ont restreint les IDE aux opérations orientées vers l'exportation et ont requis des investisseurs de former des *joint ventures* avec les firmes chinoises pour entrer sur le marché domestique. Depuis le début des années 1990, le gouvernement a autorisé les investisseurs étrangers à vendre des biens manufacturés sur le marché domestique. Enfin, au milieu de cette décennie, le pays a autorisé l'établissement d'entreprises sous contrôle exclusivement étranger, forme actuellement prédominante des investissements entrants [The Political Risk Services Groupe, 2006].

⁸⁰ Selon la terminologie anglo-saxonne *Combined cycle gas turbine* (CCGT). Ces technologies ont des bénéfices environnementaux significatifs : division par deux des émissions de CO₂, par trois de celles d'oxyde d'azote et suppression des émissions de SO₂. Pour plus de détails, voir le site internet d'EDF consulté le 29/03/2012 à l'adresse <<http://energie.edf.com/thermique/une-energie-pour-demain/les-cycles-combines-gaz/quyest-ce-quyun-cycle-combine-gaz-47869.html>>.

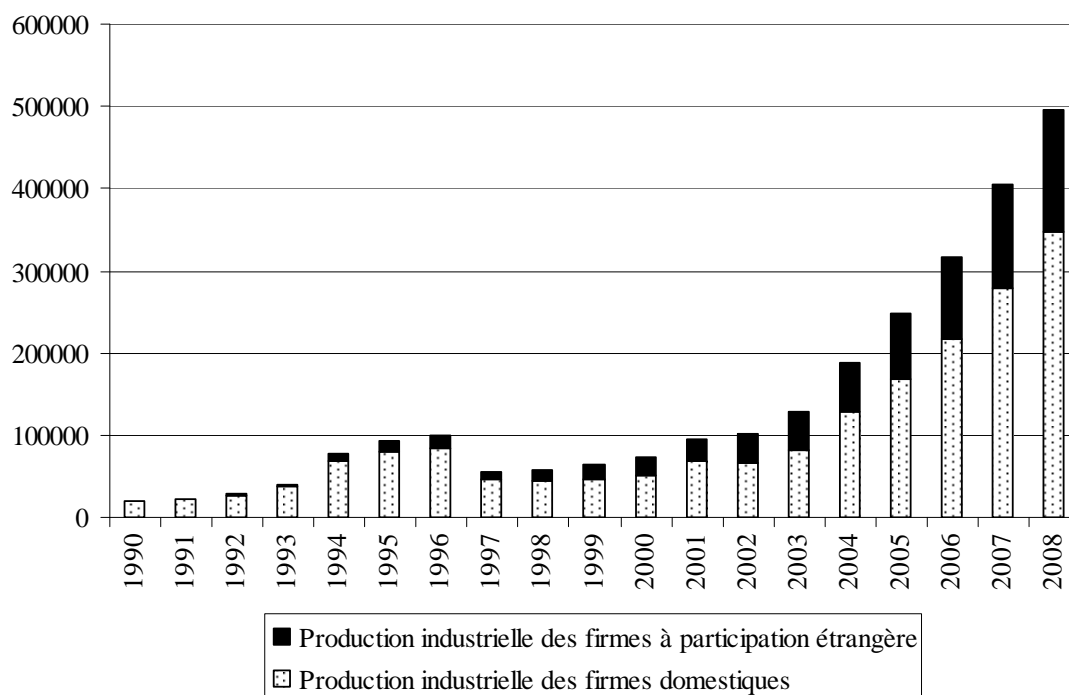
Les lois chinoises concernant directement les IDE prennent, d'une part, la forme de textes législatifs distincts pour chaque type d'entreprises à participation étrangère, et d'autre part, celle de lois applicables à toutes les entreprises étrangères. Dans un premier temps, les IDE étaient limités à des coentreprises entre des sociétés étrangères et des entités chinoises, majoritairement des entreprises publiques [OCDE, 2004]. Ces coentreprises ont pris deux formes : coentreprises par actions et coentreprises contractuelles.

Ce sont des sociétés à capital mixte dans lesquelles la part du partenaire étranger doit représenter au moins 25% du capital [Lemoine *et al.*, 2003]. Dans le cas où la part de l'investisseur étranger est inférieure à 25% du capital total de l'entreprise, ce dernier ne bénéficie pas d'abattements fiscaux sur les importations de biens d'équipement pour son propre usage, ni des autres exonérations et réductions d'impôts normalement accordées aux entreprises financées par des investissements étrangers⁸¹. Parallèlement à l'adoption de nouvelles technologies et de méthodes de gestion modernes, les coentreprises ont l'obligation d'assurer une formation technique et organisationnelle débouchant sur une activité productive permettant une remontée de gamme [Zhao *et al.*, 2008]. Les entreprises sous contrôle exclusivement étranger sont soumises à la Loi adoptée en avril 1986, selon laquelle elles se doivent d'utiliser des technologies de pointe pour mettre au point de nouveaux produits, faire des économies d'énergie et de matières premières, améliorer les produits existants et/ou remplacer des produits importés ou bien exporter au moins 50% de la valeur de leur production [OCDE, 2004].

Bien que ces obligations aient été supprimées depuis l'entrée de la Chine à l'OMC en 2001, les entreprises sous contrôle exclusivement étranger demeurent tout de même fortement incitées à adopter de nouvelles technologies. Ce constat est particulièrement important lorsque l'on connaît la croissance de la part de la production des entreprises à participation étrangère dans la production industrielle totale chinoise (*Cf.* Graphique II.10). Ces dernières n'étaient à l'origine que de 2.3% de la production industrielle en 1990 et cette part a atteint le niveau de 30% en 2008 ; la production de ces firmes étrangères ayant augmenté de 37.98% en moyenne par an sur cette période.

⁸¹ Les secteurs dans lesquels les coentreprises pouvaient être formées conformément à la Loi initiale étaient : l'énergie, les matériaux de construction, la chimie et la métallurgie, la construction de machines et les instruments de précision, les compteurs et le matériel d'exploitation pétrolière en mer, l'électronique, l'information et le matériel de communication, les industries légères, les produits alimentaires, les médicaments, le matériel médical, le conditionnement, l'agriculture et la pisciculture et enfin le tourisme et les services [OCDE, 2004]. Il convient de souligner que ces branches de production sont majoritairement intensives en facteur capital, les investisseurs étrangers y introduisant des techniques de production plus modernes et efficaces.

Graphique II.10. Productions industrielles des firmes à participation étrangère et des firmes domestiques en Chine (en 100 millions de Renminbi)



Source : D'après les données du Ministère du Commerce chinois –Département *Invest in China*, consulté le 29/03/2012 disponible à l'adresse <http://www.fdi.gov.cn/pub/FDI_EN/Statistics/AnnualStatisticsData/AnnualFDIData/FDIStatistics,2008/t20100607_122513.htm>

Il apparaît alors que la dimension environnementale et l'efficacité économique ont une place primordiale dans les politiques gouvernementales chinoises vis-à-vis des entreprises étrangères ; l'importance de ces firmes dans l'économie chinoise agirait alors comme un facilitateur de la diffusion technologique et des effets d'agglomération industriels.

La politique chinoise préférentielle à l'égard des investissements étrangers possédait ainsi un triple objectif : premièrement, accélérer le développement économique des régions côtières, deuxièmement, promouvoir de nouvelles industries exportatrices et enfin, créer des capacités de production internes venant en substitution des importations dans les secteurs des nouvelles technologies [Lemoine, 1996]. Les quatre zones économiques spéciales (ZES) de

Shantou, Shenzhen, Xiamen et Zhuhai⁸², créées en 1980, ont concentré la majorité des IDE entrants dans les premières années de l'ouverture, étant donné leur statut de villes portuaires et les avantages économiques et fiscaux à la localisation [OCDE, 2004]. L'ouverture s'est par la suite étendue aux provinces intérieures pour combler les disparités de revenus et de développement sur le territoire, ces régions pouvant aussi bénéficier de politiques préférentielles afin d'inciter à l'introduction de nouvelles technologies [Hay *et al.*, 2005].

Le gouvernement chinois a, de plus, instauré des zones géographiques orientées pour accueillir des activités à haut contenu technologique : les zones de développement économique et technologique et les zones de hautes et nouvelles technologies (Cf. Annexe 12 pour une carte représentant ces zones technologiques). Les investissements étrangers ont alors été encouragés dans dix domaines technologiques, avec, entre autres, une priorité mise sur le développement des technologies environnementales : les IDE sont alors encouragés s'ils conduisent à transférer « [des] (...) *nouvelles technologies et nouveaux équipements pour l'utilisation des ressources (renouvelables)*, [ainsi que des] (...) *nouvelles technologies et nouveaux équipements pour la prévention et l'aménagement de la pollution environnementale* » [Boissin *et al.*, 2005, p.3]. L'étude des directives gouvernementales relatives aux IDE révèle alors la volonté du gouvernement d'intensifier les transferts de technologies vertes et des techniques améliorant l'efficacité productive des firmes et intégrant de nouveaux équipements de production dans la structure industrielle du pays.

Lors des négociations sur l'entrée de la Chine à l'OMC, le gouvernement a institutionnalisé les politiques préférentielles en faveur de ces zones. Ainsi, des politiques incitatives d'impôt sur le revenu en faveur des entreprises à participation étrangère en place dans les zones économiques visent à promouvoir le développement régional et à attirer les investissements étrangers. Plus précisément : « *les entreprises à participation étrangère établies dans les ZES et les entreprises étrangères qui participent à la production et à des activités commerciales dans les ZES bénéficient d'un taux préférentiel d'impôt sur le revenu*

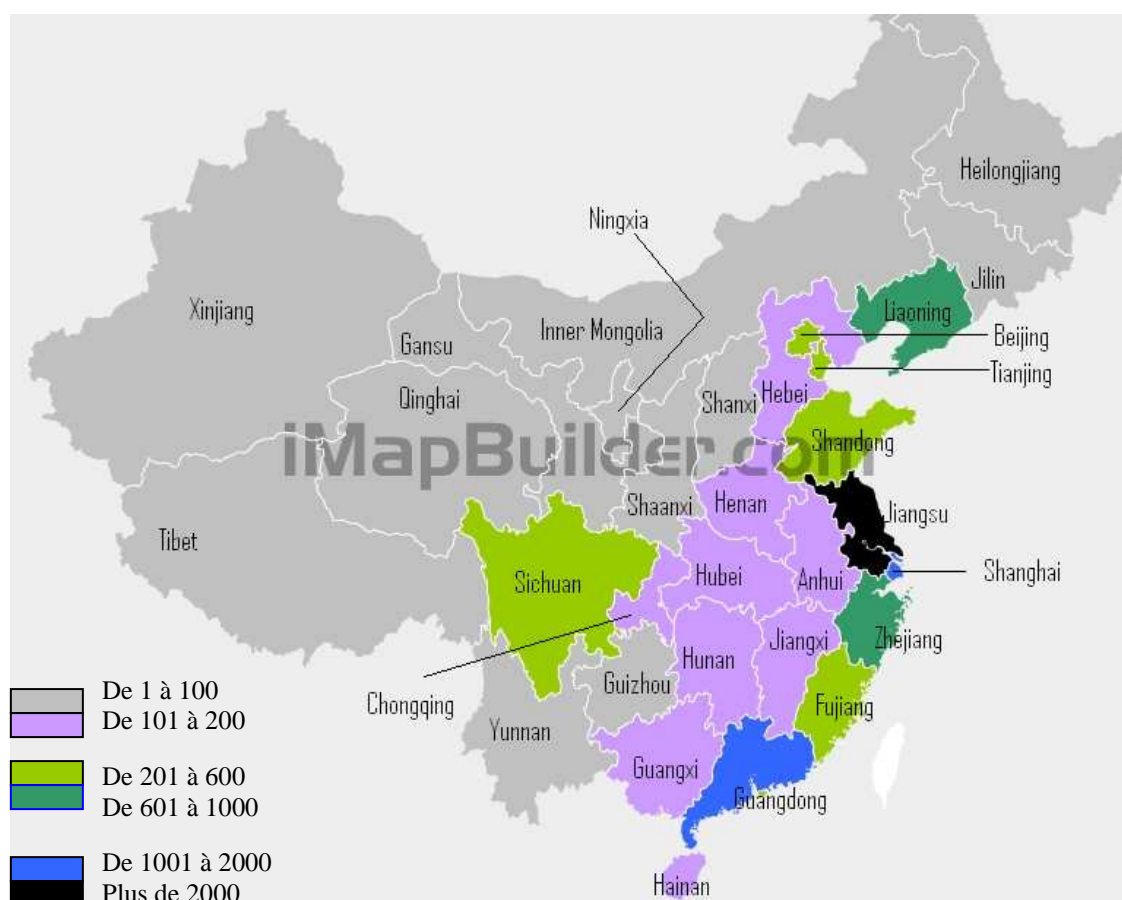
⁸² En 1984, les avantages des ZES (réductions de l'impôt sur les bénéfices, possibilité d'exemption des droits de douanes) ont été étendus à 14 villes côtières, et par la suite, aux zones de développement économique et technique. Depuis 1985, les deltas du Changjiang et Zhujiang, le triangle du Fujian du Sud, les péninsules de Changdong et du Liangdong, le Hebei et le Guangxi sont également devenus des zones d'exploitation économique, formant ainsi une bande côtière ouverte aux investissements étrangers. L'île de Hainan, laquelle faisait initialement partie de la province du Guangdong, est devenue une province distincte et une ZES en 1988. Dès 1992, Deng Xiaoping a relancé les réformes et l'ouverture : création de 15 zones franches, de 49 zones d'exploitation économique ainsi que 53 Technoparc [Lemoine, 1996 ; Humbert, 2005].

de 15% (...), les entreprises de production à participation étrangère établies dans les (...) ZES bénéficient d'un taux préférentiel d'impôt sur le revenu de 24% ; pour des projets à forte composante technologique, (...), et les projets relevant des secteurs encouragés par l'Etat, tels que l'énergie, les transports, etc. » [OMC, 2001b, Annexe 5A, p.170].

La politique industrielle chinoise vise donc à promouvoir les transferts de technologies et la concentration des capitaux étrangers au sein de zones économiques précises a pour objectif de favoriser les effets d'agglomération [Boissin *et al.*, 2005]. Enfin, hors des ZES et des zones de développement économique et technologique, les entreprises à participation étrangère bénéficient également de politiques fiscales préférentielles sur le territoire chinois. Les entreprises pratiquant des transferts de technologies et/ou des transferts de connaissances sont de même exonérées d'impôts sur le revenu (selon des conditions spécifiques liées à la durée de l'activité) et les équipements importés par ces investisseurs sont exonérés de droits de douane et de taxes sur la valeur ajoutée [OMC, 2001b]. Cette intervention étatique régulant les investissements entrants est également soulignée par Patrick Artus dans un rapport à destination du Conseil d'Analyse Economique, « *la politique d'ouverture aux investissements étrangers [en Chine] est ambiguë : limitée et contrainte par les autorités (via notamment l'imposition de constitutions des « joint ventures » pour pénétrer le marché chinois), elle repose sur des « zones économiques spéciales » uniquement sous contrôle étranger et à destination de la ré-exportation » [Artus *et al.*, 2011, p.19].*

Ces politiques préférentielles entraînent alors des disparités régionales quant à l'attraction des investissements étrangers, les financements extérieurs se concentrant sur les zones côtières et particulièrement sur la province du Jiangsu (*Cf.* Carte II.1).

Carte II.1. Capital des entreprises étrangères financé par des investisseurs étrangers (en 100 millions d'USD) en 2009



Source : D'après les données du National Bureau of Statistics of China (2010), *China Statistical Yearbook*, Beijing.

Enfin, en 1995, une loi relative aux différentes catégories d'investissement a été instaurée, reflétant les priorités sectorielles gouvernementales et la volonté d'attirer les investissements également vers les régions centrales et occidentales qui connaissent un niveau de développement moins élevé que les zones côtières. Quatre catégories d'investissements (encouragés, permis, restreints ou interdits) sont définies selon les technologies, les capacités d'exportations, les zones géographiques, le degré de concurrence avec les industries domestiques, ou encore selon des questions sécuritaires et environnementales [Humbert, 2005]. Le manuel du Ministère du Commerce chinois, *The Catalogue for the Guidance of Foreign Investment Industries*⁸³, a été amendé en 2007 afin d'accorder ces directives avec les prescriptions de l'OMC. Les projets dans les secteurs

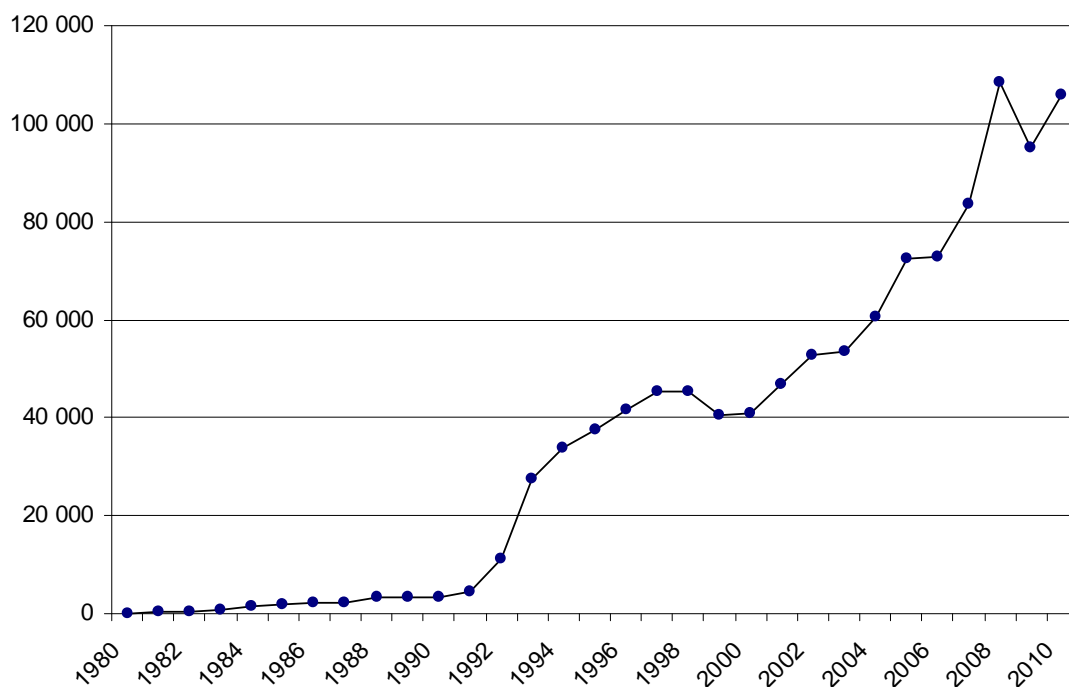
⁸³ La version amendée en 2007 du *The Catalogue for the Guidance of Foreign Investment Industries* est disponible sur le site gouvernemental « Invest in China » à l'adresse <http://www.fdi.gov.cn/pub/FDI_EN/Laws/law_en_info.jsp?docid=87372> consulté le 11/01/2012.

« encouragés » peuvent bénéficier de réduction d'impôts sur le revenu et de la taxe sur la valeur ajoutée, les investisseurs ont l'opportunité d'importer des biens d'équipements hors du régime douanier standard et disposent de facilité d'emprunt. Les investissements sont alors encouragés lorsqu'ils permettent l'utilisation de technologies agricoles nouvelles, de techniques modernes permettant d'accroître l'efficacité productive des activités industrielles, lorsqu'ils fournissent ou distribuent l'énergie dans une optique soutenable ou encore lorsque les investissements mobilisés permettent de dépolluer l'air, les sols ou les eaux, et réduisent les externalités négatives des processus productifs⁸⁴ [Ministry of Commerce of the PRC, 2007].

Les IDE en Chine sont ainsi régis par un ensemble de dispositions gouvernementales qui incitent aux transferts de technologies, et particulièrement au transfert de technologies respectueuses de l'environnement. Ces prescriptions sont alors à mettre en parallèle avec le rang de la Chine comme deuxième destination des flux d'IDE mondiaux derrière les Etats-Unis (l'économie chinoise attirait 8.5% des flux d'IDE mondiaux entrants en 2010) [données de la CNUCED]. En dernier lieu, les Graphiques II.11 et II.12 représentent respectivement les flux globaux d'IDE entrant sur le territoire chinois et ceux qui sont originaires du Japon. La détermination d'une dynamique de transferts de technologies vertes *via* ces types de flux est difficilement identifiable à un niveau agrégé, le manque de désagrégation sectorielle de ces données handicapant l'analyse empirique. Ainsi, les résultats du premier chapitre ont montré une relation positive entre les IDE entrant sur le territoire chinois et l'intensité énergétique du PIB étant donné le manque de différenciation des investissements entrants et les difficultés d'identification des flux permettant de diffuser des techniques de production plus respectueuses de l'environnement et qui sont dotées d'une efficacité productive et énergétique supérieure. Toutefois, la croissance des IDE entrant en Chine (depuis le Japon et toutes origines confondues) conjuguée aux incitations gouvernementales en matière de transferts de technologies productives et environnementales favorisent la diffusion de technologies vertes au sein du territoire chinois.

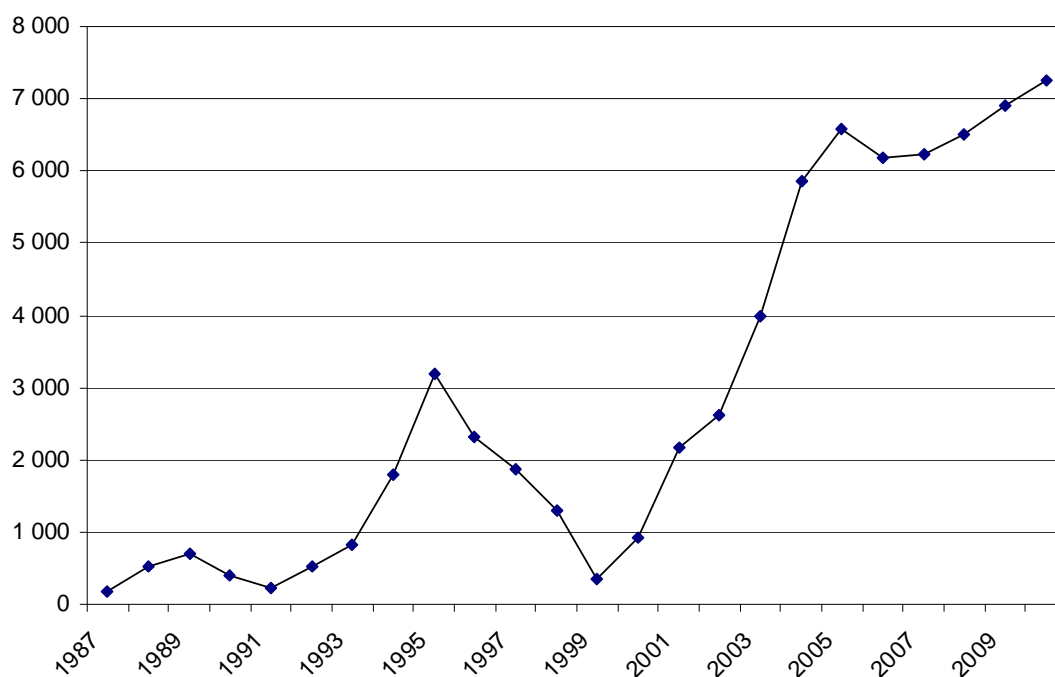
⁸⁴ Les secteurs dans lesquels les investissements sont soumis à restriction concernent principalement les projets mobilisant des technologies obsolètes, possédant des externalités environnementales négatives, ou qui ne contribuent pas significativement à économiser des ressources. Enfin, les investissements étrangers sont interdits dans le cadre de projets fortement polluants, qui nuisent à la sécurité intérieure, ou bien qui utilisent des techniques de production proprement chinoises [OCDE, 2004 ; Ministry of Commerce of the PRC, 2007].

Graphique II.11 Flux d'IDE entrant en Chine en millions de dollars en prix et taux de change courants



Source : D'après la base de données UNCTADStat de la CNUCED consulté le 29/03/2012 disponible à l'adresse <<http://www.unctad.org/templates/Page.asp?intItemID=1584&lang=2>>

Graphique II.12 Flux d'IDE entrant en Chine depuis le Japon en millions de dollars



Source : D'après les données de JETRO consulté le 29/03/2012 disponibles à l'adresse <<http://www.jetro.go.jp/en/reports/statistics/>>

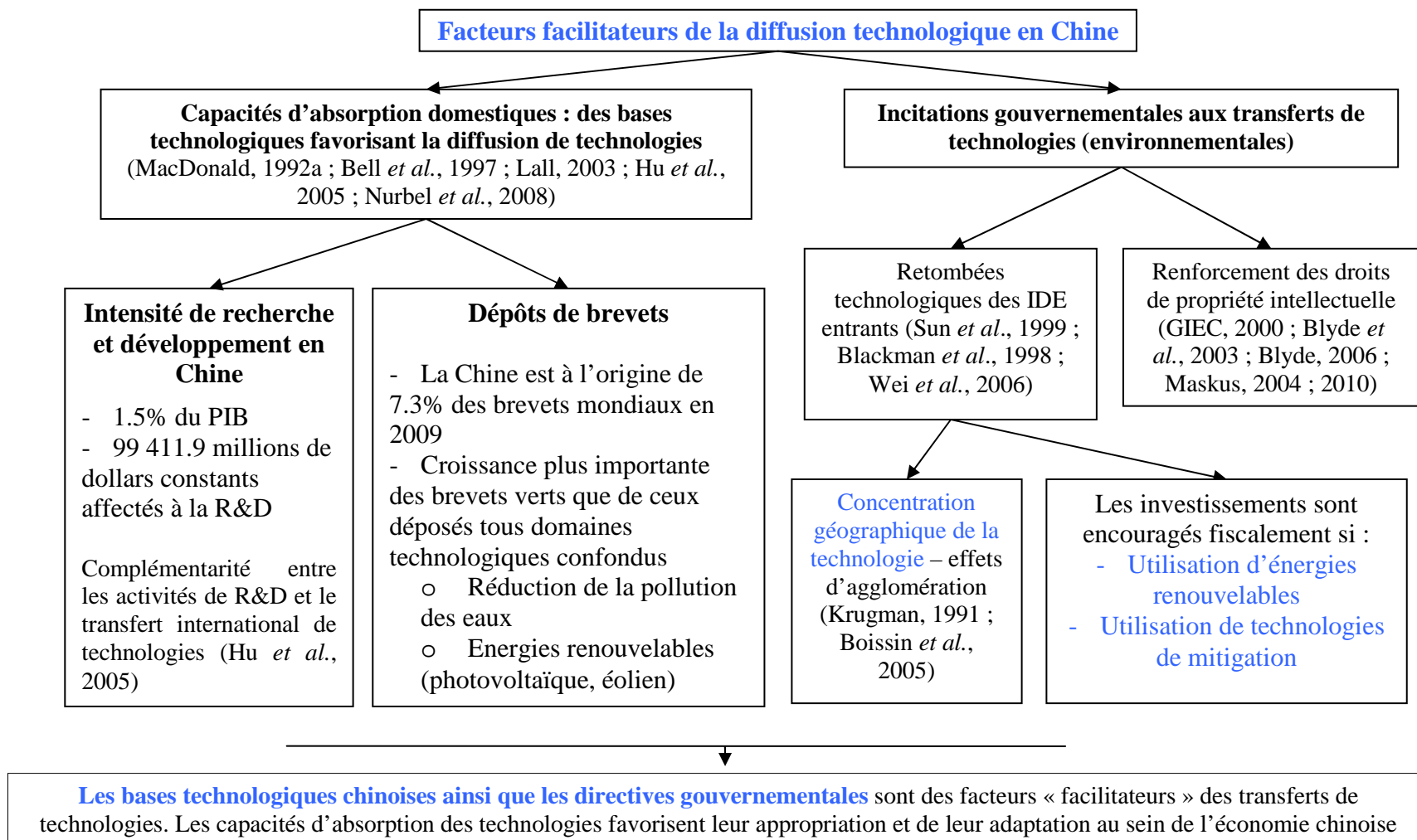
Cette section avait pour objectif de mettre en évidence des facteurs facilitateurs à la diffusion de technologies environnementales *via* les flux d'IDE entrant sur le territoire chinois. La diffusion et d'appropriation des technologies importées sont par définition des phénomènes dynamiques, et tous les pays ne peuvent pas bénéficier dans les mêmes proportions des *spillovers* technologiques liés à la présence de firmes étrangères sur leur territoire. Pour profiter pleinement d'un processus de diffusion technologique, les firmes domestiques doivent posséder des capacités d'absorption matérialisées par le stock initial de capital humain et les capacités technologiques domestiques.

Les pouvoirs publics chinois, conscients de ces exigences, affectent des montants croissants aux activités de recherche et développement et encouragent le renforcement des droits de propriété intellectuelle sur leur territoire afin de sécuriser l'environnement d'investissement. L'analyse des capacités technologiques chinoises met ainsi en évidence un accroissement de l'intensité de recherche et développement, atteignant 1.5% de son PIB en 2009. Du même ordre, l'étude des *outputs* du processus d'innovation montrent que la Chine est en passe de devenir une puissance technologique émergente (7.3% des brevets mondiaux sont d'origine chinoise en 2009) et que l'innovation environnementale est le secteur le plus dynamique. La croissance des innovations vertes peut alors être expliquée par le fort potentiel de réduction des émissions sur le territoire chinois, mais aussi par les perspectives de marché associées à la commercialisation de ces technologies.

De plus, les arguments théoriques et empiriques mobilisés dans cette section mettent en évidence que les flux d'IDE entrants engendrent des *spillovers* technologiques, lesquels contribuent à l'amélioration de l'efficacité productive et énergétique des firmes domestiques. Par ailleurs, les incitations gouvernementales à la localisation des firmes étrangères dans des lieux géographiques précis (zones côtières dans un premier temps, puis élargissement aux provinces intérieures) témoignent d'une volonté d'accroissement des effets d'agglomération et des retombées technologiques liés à la l'implantation d'entreprises étrangères. Cette orientation des IDE associée aux exigences de diffusion technologique facilitent alors les transferts vers les firmes domestiques (*Cf.* schéma II.2).

Après la détermination de ces facteurs « facilitateurs » des transferts et de l'appropriation des technologies environnementales novatrices, la seconde section de ce chapitre vise à quantifier les transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine en analysant les données sur les dépôts de brevets.

Schéma II.2. Propos d'étape de la Section 1 du Chapitre 2 – La diffusion technologique internationale favorisée par les capacités technologiques chinoises et les orientations gouvernementales



SECTION 2. TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES DU JAPON VERS LA CHINE : DEUX ANALYSES EMPIRIQUES DES DEPOTS DE BREVETS

L'internationalisation des processus productifs engendre une dynamique de diffusion technologique, et dans ce sens, la présence d'entreprises japonaises sur le territoire chinois devrait favoriser l'entrée de technologies innovantes. Peu d'études empiriques ont permis de quantifier le processus de diffusion des technologies environnementales en s'appuyant sur les données sur les brevets [Dechezlepretre, 2009 ; Dechezlepretre *et al.*, 2010 ; Haščič *et al.*, 2010 ; OCDE, 2011a] et les méthodologies développées en particulier par l'OCDE ne sont pas stabilisées étant donnée la faible profondeur historique de cette réflexion.

De ce fait, nous nous appuyons principalement sur les travaux de l'OCDE [OCDE, 2008b ; 2011a] afin d'appliquer la méthodologie de cette organisation à des relations bilatérales, et ainsi déterminer l'ampleur et la structure des transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine. Bien que la relation entre politique environnementale et diffusion technologique ne soit pas comprise dans le cadre d'analyse de la thèse, les principales études empiriques traitant des problématiques de diffusion des technologies vertes ont intégré cette dimension à leurs analyses [Dechezlepretre, 2009 ; Haščič *et al.*, 2010 ; OCDE, 2011a]. De ce fait, afin d'étendre le pouvoir explicatif de cette section et d'intégrer les réflexions sur les relations entre Etats et innovations environnementales, le premier temps de cette section précisera les déterminants politiques de l'innovation et analysera la répartition géographique et sectorielle des flux technologiques à partir des travaux de Dechezlepretre (2009), Dechezlepretre *et al.*, (2010) ; et de l'OCDE (2011a) (2.1). Le second temps de cette section a ensuite pour objectif de quantifier les transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine en se basant sur les dépôts de brevets. Cette analyse empirique s'appuie sur les travaux de l'OCDE et applique en partie la méthodologie développée par le groupe de travail « Politique environnementale et innovation technologique » dans le cadre de la création de l'indicateur « Env-tech » dont l'objectif est de mesurer la diffusion des innovations vertes (2.2).

2.1. Relations brevets environnementaux et diffusion technologique : les apports de la littérature

Les recherches académiques qui se sont focalisées sur la diffusion de technologies environnementales ont étudié les déterminants de l'innovation, mais aussi les facteurs incitatifs aux transferts de technologies propres vers les pays les moins développés [Dechezlepretre, 2009 ; OCDE, 2011a]. Outre les capacités technologiques des pays innovateurs et récipiendaires, les accords multilatéraux d'environnement et les politiques environnementales domestiques apparaissent comme des incitations aux activités de R&D et aux dépôts de brevets verts [Lanjouw *et al.*, 1996 ; Johnstone *et al.*, 2011a ; Haščič *et al.*, 2011]. Des législations environnementales strictes dans les pays sources de l'innovation favorisent également la diffusion de ces équipements à l'étranger, étant donné le niveau d'internationalisation de ces technologies (2.1.1). Cette relation entre politique environnementale et innovations vertes est particulièrement intéressante pour l'analyse des relations entre le Japon et la Chine, le « différentiel de sévérité » de leur politique environnementale étant un facteur incitatif supplémentaire aux transferts.

Les études empiriques de Dechezlepretre et de l'OCDE sont les seules qui ont permis de quantifier avec précision le processus de diffusion technologique ; leur méthodologie se basant sur la répartition géographique des familles internationales de brevets [Dechezlepretre, 2009 ; Dechezlepretre *et al.*, 2010 ; Haščič *et al.*, 2010 ; OCDE, 2011a]. Ces analyses ont permis de mettre en lumière une spécificité Japon-Chine dans le transfert de technologies vertes : le Japon est le leader mondial dans l'innovation verte et la Chine le principal pays récipiendaire de technologies environnementales parmi les PED (2.1.2).

2.1.1. La politique environnementale incitative d'innovations vertes

Si les travaux quantitatifs sur la diffusion de technologies environnementales sont rares, les réflexions sur le rôle de la politique environnementale du pays source de l'innovation dans le processus de création et de diffusion des technologies vertes sont beaucoup plus nombreux [Jaffe *et al.*, 1997 ; Popp, 2002 ; Brunnermeier *et al.*, 2003 ; Johnstone *et al.*, 2011a]. Ces législations peuvent alors être appréhendées comme des déterminants, d'une

part, des innovations vertes, et d'autre part, de la diffusion technologique bénéficiant aux pays les moins développés.

Les recherches empiriques sur le rôle des politiques environnementales dans les processus de création de technologies propres ont mis en évidence le fait que ces législations agissent comme des incitations à l'innovation [Jaffe *et al.*, 1997 ; Popp, 2002 ; Brunnermeier *et al.*, 2003 ; OCDE, 2008b ; Johnstone *et al.*, 2011a]. Malgré les difficultés liées au choix d'un indicateur permettant de mesurer le degré de « laxisme » ou de « sévérité » des politiques environnementales, les quatre groupes de travaux présentés ci-après démontrent le rôle incitatif de ces législations.

- Jaffe *et al.* (1997) ont analysé la relation entre la sévérité des politiques environnementales et l'activité d'innovation en utilisant des données désagrégées par industries. Les activités d'innovation sont ici mesurées par les dépenses en R&D et le nombre total de brevets déposés. Dès lors, l'étude empirique entre 1975 et 1991 montre que la nature de la relation entre la politique environnementale et l'innovation dépend du choix méthodologique d'appréciation de cette dernière. D'une part, les politiques environnementales ont un effet positif et significatif sur les activités de R&D des firmes, alors que d'autre part, cette relation n'a pu être mise en évidence quantitativement lorsque sont considérés les *outputs* du processus d'innovation matérialisés par le nombre de brevets publiés.

- Prolongeant ces résultats, Brunnermeier *et al.* (2003) se sont concentrés sur l'innovation environnementale par les entreprises manufacturières américaines entre 1983 et 1992. Ces auteurs démontrent alors que les dépenses de réduction de la pollution ainsi qu'un accroissement de la concurrence internationale influencent positivement l'innovation environnementale matérialisée par le nombre de brevets « verts » déposés.

- Des recherches ultérieures ont analysé les relations entre les instruments de marchés (augmentation des prix de l'énergie, taxes environnementales, système *Cap & Trade*) et les innovations environnementales ; sachant que des prix plus hauts sont interprétés comme des incitations à de nouvelles activités de R&D permettant le développement de technologies utilisant des sources d'énergie renouvelables ou dotées d'une efficacité énergétique supérieure [Newell *et al.*, 1999 ; Popp, 2002]. Dès lors, l'analyse de Popp (2002) à partir des brevets déposés aux USA entre 1970 et 1994 montre une relation positive et

significative entre les prix de l'énergie et les innovations dans le développement des technologies améliorant l'efficacité énergétique.

- Enfin, les travaux de l'OCDE sur l'environnement et l'innovation ont également démontré que la politique environnementale a un effet sur l'innovation technologique, à partir d'une étude de cas sur les énergies renouvelables. Ainsi, la mise en place de mesures fiscales et de quotas de pollution a un effet statistique significativement positif sur les dépôts de brevets [OCDE, 2008b]. Plus précisément, à partir des enquêtes du *World Economic Forum* sur la perception des industriels quant à la sévérité de leur politique environnementale domestique, l'OCDE a démontré que le nombre de brevets liés aux technologies de réduction de la pollution atmosphérique, de traitement des eaux usées et de gestion des déchets dépend positivement de la rigueur de la politique environnementale, de sa stabilité ainsi que de sa prévisibilité. Johnstone *et al.* (2011a) soulignent que « *toutes les politiques "environnementales" – que ce soient des taxes, des subventions, des régulations, des informations – attachent un prix à la pollution. En augmentant le "prix" de la pollution, il n'est pas étonnant de trouver que plus la politique est stricte et plus l'effet sur l'innovation est important, ce qui a une incidence sur la réduction des émissions* » [Johnstone *et al.*, 2011a, p.42].

Les activités d'innovations des firmes domestiques sont alors influencées par les politiques environnementales mises en œuvre par leur gouvernement, mais seraient aussi impactées par les législations mises en place sur les territoires étrangers. Antoine Dechezlepretre vient de soutenir une thèse de sciences économiques dédiée à la quantification des transferts de technologies environnementales dans laquelle il étudie le rôle de la politique domestique. Dans le cadre de ses recherches, Dechezlepretre (2009) a plus précisément analysé l'effet des régulations environnementales dans les pays étrangers sur l'innovation verte dans le territoire domestique. L'auteur s'est focalisé sur quatre technologies de génération d'énergie à partir de sources renouvelables (éolien, solaire, hydraulique, géothermie) dans 30 pays de l'OCDE entre 1990 et 2005. Afin de mesurer le niveau de régulations environnementales nationales, ce chercheur a utilisé le montant de capacités énergétiques additionnelles installées dans le pays i à l'année t reflétant ainsi le niveau des régulations visant à promouvoir le développement des énergies renouvelables dans ce pays. Ce choix méthodologique peut être justifié par le fait que « *le développement des énergies renouvelables est largement attribuable aux régulations gouvernementales, les*

installations de nouvelles centrales énergétiques sont également un proxy pour le niveau des politiques favorisant le développement des énergies renouvelables [pro-renewables policies] en place dans chaque pays » [Dechezlepretre, 2009, p.115]. A partir d'une analyse des brevets enregistrés simultanément dans deux pays (utilisés pour identifier une diffusion technologique)⁸⁵, l'estimation d'une fonction logarithmique met en évidence deux résultats principaux :

- Premièrement, une augmentation des installations énergétiques domestiques et étrangères a un effet positif sur l'innovation environnementale – hydraulique, solaire, éolien –, mais ce résultat ne peut être étendu aux technologies géothermiques dans le cas des régulations environnementales domestiques. Dès lors, les entreprises innovantes réagissent positivement aux régulations environnementales sur le territoire national, mais aussi à l'étranger.
- Deuxièmement, l'élasticité des innovations vertes aux politiques environnementales domestiques et étrangères varie selon les technologies étudiées, ce qui met en évidence un résultat plutôt surprenant. Pour les technologies solaires, éoliennes et hydrauliques, les coefficients de la fonction logarithmique montrent que les inventeurs réagissent davantage aux modifications de la politique environnementale étrangère (coefficient de régression respectivement à 0.2174***⁸⁶, 0.2056***, 0.1155***) qu'aux variations de la politique domestique (les coefficients ne s'élèvent respectivement qu'à 0.062***, 0.1285**⁸⁷, 0.0551***). Ce résultat peut s'expliquer principalement par le fait que les innovations vertes internationales (brevetées dans au moins deux pays) sont de plus forte valeur, et qu'une partie significative de ces technologies vertes est exportée.

Dans le même domaine, Lanjouw *et al.* (1996) avaient précédemment démontré que les innovations aux Japon et en Allemagne répondaient aux régulations environnementales aux USA (technologies de contrôle des émissions atmosphériques). Toutefois, la dynamique de diffusion internationale des technologies peut être alors qualifiée d'indirecte : les législations

⁸⁵ La méthodologie et les résultats de Dechezlepretre (2009) sur le processus de diffusion des technologies environnementales sont explicités dans le point suivant.

⁸⁶ Significativité au seuil de 1%.

⁸⁷ Significativité au seuil de 5%.

environnementales domestiques n'influent pas sur les brevets déposés à l'étranger, mais ces dernières ont une influence sur les innovations domestiques, lesquelles contribuent à augmenter le stock de connaissances disponibles pour les PED et favorisent l'importation de ces technologies environnementales [Popp, 2006]. La rigueur des politiques environnementales affecte alors positivement l'innovation dans les pays industrialisés (pays sources de l'innovation) alors que les pays qui connaissent des régimes environnementaux plus « flexibles » ont une probabilité plus forte de bénéficier des technologies élaborées à l'étranger, et donc de profiter d'une dynamique de diffusion technologique [Haščič *et al.*, 2011]. Dès lors, les travaux de Haščič *et al.* (2011) sous l'égide de l'OCDE concluent sur le fait que lorsqu'il est question d'augmenter les transferts de technologies environnementales vers les PED, la politique la plus appropriée reviendrait à favoriser des législations environnementales strictes dans les pays sources de l'innovation, plutôt que dans les pays qui possèdent des capacités d'innovation moindres et cherchent à bénéficier d'une dynamique d'acquisition technologique [Haščič *et al.*, 2011].

Ces résultats sont particulièrement intéressants dans le cas des transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine. D'après les enquêtes du World Economic Forum, les politiques environnementales sont perçues par les chercheurs et industriels interrogés en Chine comme relativement peu strictes, l'indice construit pour évaluer cette rigueur sur la période 2001-2007 s'élevant à 3.2 sur une échelle de 1 à 7 (1 signifiant que la politique environnementale est laxiste en comparaison de la plupart des autres pays, et 7 signifiant qu'elle est parmi les plus strictes au monde). A l'inverse, le Japon connaît des politiques environnementales considérées comme parmi les plus contraignantes au monde, l'indice construit par le World Economic Forum s'élevant à presque 6 sur l'échelle allant de 1 à 7 [World Economic Forum, 2011]. Bien que le gouvernement chinois se soit préoccupé tardivement de l'environnement, l'historique des régulations environnementales chinoises⁸⁸ (Cf. Encadré II.3) marque néanmoins une accélération des législations depuis les années 2000 ; les lois chinoises sur l'environnement suivant les grands sommets onusiens (notamment en 2002 – Sommet Mondial sur le Développement Durable à Johannesburg) [Figuère *et al.*, 2013].

⁸⁸ « Au total, si l'on recense toutes les initiatives gouvernementales, la Chine est certainement, à ce stade de développement économique, le pays en voie de développement qui aura fait le plus d'efforts sur la mise en place de politiques visant à réduire la consommation d'énergie » [Huchet *et al.*, 2008a, p.50].

Encadré II.3. Chronologie des lois chinoises sur l'environnement

1979 : loi sur la protection de l'environnement (modifiée en 1989 et 2001)
1982 : loi sur la protection de l'environnement marin (modifiée en 1999)
1984 : loi sur la prévention et le contrôle de la pollution de l'eau (modifiée en 1966, mise en œuvre en 2000)
1984 : loi sur les forêts (modifiée en 1998)
1986 : loi sur les ressources minérales
1986 : loi sur la pêche
1986 : loi sur la gestion du territoire
1987 : loi sur la prévention et la maîtrise de la pollution atmosphérique
1988 : loi sur l'eau (modifiée en 2002)
1988 : loi sur la protection des espèces sauvages
1989 : loi sur la protection de l'environnement
1991 : loi sur la conversation du sol et des eaux
1995 : loi sur la prévention et la maîtrise de la pollution de l'environnement par les déchets solides (modifiée en 2004)
1995 : loi sur la prévention et la maîtrise de la pollution atmosphérique (modifiée en 2000 et 2002)
1996 : loi sur l'industrie du charbon
1997 : loi sur les économies d'énergie
1998 : loi en faveur d'une production plus propre (modifiée en 2003)
2000 : loi sur la prévention et le contrôle de la pollution de l'air
2001 : loi sur la prévention et la maîtrise de la désertification
2001 : loi sur la gestion des zones maritimes
2002 : loi relative aux études d'impact sur l'environnement
2003 : loi sur la prévention et le contrôle de la pollution radioactive
2003 : loi sur la prévention et le contrôle de la désertification
2004 : loi sur la prévention de la pollution de l'environnement par les déchets solides
2005 : loi sur les énergies renouvelables
2007 : loi sur les économies d'énergie
2008 : loi sur la promotion de l'économie circulaire

Source : D'après LEVY J.C., 2009, *L'économie circulaire : l'urgence écologique ?*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, p.48 et OCDE, 2007, *Examens environnementaux de l'OCDE – Chine*, Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Paris, p.51

Bien que l'environnement soit à l'ordre du jour des politiques étatiques, les régulations environnementales chinoises restent sujettes à caution du fait, d'une part, des faibles ressources financières et humaines affectées à l'Administration d'Etat pour la Protection de l'Environnement, d'autre part, du manque de coordination entre les provinces pour traiter des pollutions à grande échelle (notamment pour les problèmes de pollution des eaux), ou encore du fait du stade encore embryonnaire de la société civile qui pourrait contribuer à internaliser ces contraintes environnementales dans les politiques domestiques [Huchet *et al.*, 2008b]. Comme le soulignent Jean-François Huchet *et al.* (2008) p.137, « *la multiplication des initiatives, l'augmentation des ressources allouées par le gouvernement marque un tournant*

important dans la lutte contre la dégradation de l'environnement. Néanmoins, bon nombre de spécialistes pointent du doigt de sévères contraintes et limites dans la politique environnementale du gouvernement chinois ».

En somme, différents facteurs peuvent influencer l'innovation environnementale et la diffusion technologique et la politique environnementale est un facteur incitatif supplémentaire. Les législations environnementales plus contraignantes au Japon qu'en Chine ont une incidence sur les dépôts de brevets verts nippons, et peuvent alors être appréhendées comme des incitations à la diffusion technologique. Soulignons de plus que les filiales des firmes japonaises implantées sur le territoire chinois préféreront adopter les mêmes réglementations que dans leur pays d'origine concernant les standards de pollution ; étant donné qu'il serait plus coûteux de changer de normes de production [Worell *et al.*, 2001].

Après la mise en évidence de ces incitations aux transferts, le point suivant a pour objectif de présenter les principales études empiriques qui ont quantifié les transferts de technologies vertes, en soulignant les méthodologiques retenues pour déterminer, d'une part, les innovations vertes, et d'autre part, le processus de diffusion internationale.

2.1.2. Innovations environnementales et diffusions technologiques

Les seules études qui ont quantifié les transferts de technologies environnementales par le biais des familles internationales de brevets [Dechezlepretre, 2009 ; Dechezlepretre *et al.*, 2010 ; Haščič *et al.*, 2010 ; OCDE, 2011a] ont mis en évidence deux résultats principaux :

Une dynamique de diffusion technologique existe principalement entre pays de l'OCDE, même si les transferts Nord-Sud ne sont pas négligeables et apparaissent dans approximativement 20% des cas de diffusion technologique identifiés.

De plus, la quantification des brevets japonais dont la protection est étendue au territoire chinois met en évidence une dynamique de diffusion technologique principalement dans les technologies solaires (photovoltaïque, solaire thermique), puis dans l'énergie éolienne.

Au-delà de ces résultats principaux, cette partie a pour objectif d'analyser les méthodologies et les conclusions de ces études empiriques étant donné que ces méthodes de quantification des transferts seront par la suite appliquées aux relations bilatérales Japon-Chine. Le tableau II.4 récapitulant les principaux résultats de ces études empiriques est disponible page 192.

Le premier groupe de travaux particulièrement important pour l'étude empirique menée dans le prolongement de la thèse regroupe les analyses de Dechezlepretre (2009) et Dechezlepretre *et al.* (2010) qui se sont basés sur les familles internationales de brevets pour étudier la dynamique de transferts internationaux de technologies environnementales. Afin de pallier les difficultés méthodologiques dans l'identification des technologies environnementales, les auteurs ont retenu 13 classes de technologies (*Cf.* Encadré II.4) avec un potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre significatif et ont étudié les activités d'innovations sur longue période (1978-2003). Afin de quantifier l'innovation environnementale, les auteurs ont comptabilisé le nombre de demandes de brevets relatives à ces domaines technologiques, à l'instar de la plupart des recherches empiriques traitant de la diffusion technologique internationale [Eaton *et al.*, 1996 ; 1999].

Encadré II.4. Technologies environnementales identifiées par Dechezlepretre (2009)

Sept technologies relatives à l'exploitation de sources d'énergie renouvelables

Technologies biomasses : moteurs fonctionnant avec des combustibles solides basés sur des matériaux d'origine non minérale (animale ou végétale)

Technologies de l'énergie géothermique : utilisation de la chaleur géothermique, dispositifs de production d'énergie mécanique à partir d'énergie géothermique

Energie hydraulique : centrales d'énergie hydraulique, unités submergées incorporant des générateurs électriques, dispositifs de contrôle des turbines hydrauliques

Energie océanique : unités de génération d'énergie marémotrice ou houlomotrice, mécanismes utilisant la conversion d'énergie thermique océanique, roues hydrauliques

Energie solaire : solaire photovoltaïque (conversion de radiation légère en énergie électrique) incluant les panneaux solaires ; centrales solaires thermiques, (collecteurs de chaleur solaire ayant des lentilles ou des réflecteurs comme éléments de concentration, solaire thermique, (utilisant l'énergie thermique pour le chauffage et refroidissement))

Energie éolienne : moteurs à vent, dispositifs visant à contrôler ces moteurs

Transformation des déchets en énergie : combustibles solides basés sur les déchets, récupération de la chaleur issue de l'incinération des déchets, production d'énergie issue des déchets ou des gaz émis, récupération de la chaleur issue des gaz d'échappement

Six technologies environnementales hors utilisation de sources d'énergie renouvelables

Destruction du méthane : équipement pour le traitement anaérobie des boues, traitement biologique des eaux usées, processus de digestion anaérobie, appareils visant à collecter les gaz de fermentation

Eclairage plus efficace : lampes fluorescentes compactes, diodes électroluminescentes (LED)

Ciment écologique : pouzzolane naturelle, ciment contenant des scories, ciment de minerai de fer, ciments à partir de schistes bitumineux, résidus ou déchets, sulfate de calcium

Conservation de l'énergie dans les bâtiments : éléments ou matériaux utilisés pour l'isolation thermique, fenêtres à double vitrage, systèmes de récupération de l'énergie dans la climatisation ou la ventilation

Carbon Capture and Storage (CCS): Extraction, transport, capture et séquestration du CO₂

Moteurs à injection : appareils moteurs à injection de carburant (permettant une réduction de la consommation de carburant).

Source : DECHEZLEPRETRE (2009) *Invention and International Diffusion of Climate Change Mitigation Technologies : An Empirical approach*, Thèse de Doctorat pour l'obtention du grade de Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Spécialité Economie et Finance, p.34.

L'utilisation de la base de données PATSTAT⁸⁹ permet de déterminer la distribution géographique des inventeurs et des utilisateurs des innovations environnementales. La méthodologie de Dechezlepretre (2009) pour quantifier les transferts internationaux de technologies environnementales se base sur les familles internationales de brevets. « *Les familles internationales de brevet fournissent des indicateurs intéressants sur les transferts internationaux de technologies. Les inventeurs qui veulent entrer sur des marchés des pays étrangers cherchent souvent à protéger leur brevet dans ces pays pour leurs inventions les plus précieuses. Nous utilisons la proportion de familles internationales –la part des inventions qui sont brevetées dans au moins deux pays- pour mesurer le degré*

⁸⁹ Une description de cette base est effectuée dans la partie suivante.

d'internationalisation des marchés pour les technologies. Au niveau national, une large part de familles internationales parmi les inventions développées par des inventeurs domestiques dénote une bonne performance en termes d'exportations de technologies » [Dechezlepretre, 2009, p.51]. La base PATSTAT permet alors de définir le pays de résidence de l'inventeur de la technologie (identifié comme le pays d'origine de la technologie) ainsi que le pays dans lequel la technologie est brevetée (identifié comme le pays récipiendaire de la technologie).

Les résultats de ces recherches montrent que les innovations environnementales sont significativement influencées par la signature du Protocole de Kyoto, le taux de croissance de ces innovations étant supérieur à celui des brevets déposés tous domaines technologiques confondus à partir de la fin des années 1990. Les accords multilatéraux sur l'environnement fournissent alors des incitations économiques aux innovations environnementales [EPO, 2010 ; OCDE, 2011a], ce constat ayant déjà été mis en évidence par les travaux de Dekker *et al.* (2009) dans le cas des législations sur la réduction du dioxyde de soufre. La différenciation par types de technologies environnementales montre que les innovations dans le domaine de l'efficacité de l'éclairage dominent les autres technologies environnementales, atteignant 2000 inventions par an entre 1998 et 2003. Dans le domaine des technologies liées à l'exploitation des sources d'énergie renouvelables, ce sont les innovations liées à la valorisation des déchets et à l'énergie solaire qui arrivent en tête, avec respectivement approximativement 900 et 700 innovations par an entre 1998 et 2003.

Lorsque l'on étudie le taux de croissance de ces innovations depuis 1978, les secteurs environnementaux les plus dynamiques sont ceux de la transformation des déchets en énergie (+760%), de l'éclairage (+609%), de la récupération et la destruction du méthane (+253%), ainsi que de l'énergie éolienne (+231%).

Comme l'a mentionné la première section de ce chapitre, le Japon est le principal inventeur dans le monde dans le domaine des technologies environnementales. Sur la période 1998-2003 étudiée par Dechezlepretre (2009), le Japon est enregistré comme « pays de résidence de l'inventeur » pour 64.2% des brevets déposés dans le domaine de l'efficacité énergétique dans l'éclairage, 63.1% des brevets dans la valorisation des déchets, et enfin dans 52.5% de ceux enregistrés pour des technologies liées à la destruction du méthane. Quant au positionnement de la Chine, il est particulièrement remarquable dans les cas des technologies géothermiques et des innovations relatives au ciment écologique ; technologies pour

lesquelles elle est le second inventeur, avec respectivement 12.7% et 17.3% des brevets déposés entre 1998 et 2003.

Une dynamique de transferts de technologies Nord-Sud n'apparaît que dans 17.8% des technologies exportées- la Chine en attirant les deux tiers [Dechezlepretre *et al.*, 2010], sachant que les transferts restent centralisés entre pays de l'Annexe B du Protocole de Kyoto. Les technologies les plus internationalisées –pour lesquelles le taux d'exportation est le plus important- sont celles qui sont relatives aux moteurs à injection, à la biomasse et à l'efficacité énergétique dans l'éclairage. Il convient de souligner que le Japon est le principal inventeur dans le cas des technologies dans le domaine de l'éclairage et des moteurs à injection – représentant respectivement 64.2% et 40.2% des brevets déposés entre 1998 et 2003 – et le second inventeur pour les technologies biomasse (20.3%) derrière les USA. Malgré ses performances technologiques, le Japon n'apparaît pas comme un transmetteur massif de technologies, son taux d'exportation s'élevant à moins de 20% – 21.7% dans une étude ultérieure de Dechezlepretre *et al.* (2010) sur la période 2000-2005, contre près de 70% pour la Grande Bretagne (89.9% pour les Pays-Bas et 60.3% pour le Royaume-Uni entre 2000 et 2005 mentionnés dans l'étude postérieure de 2010). En dernier lieu, l'analyse des principaux pays récipiendaires met en évidence une corrélation significative entre le volume d'innovations locales et le volume d'importation de technologies, sachant que lorsque la demande domestique pour des technologies environnementales augmente, cela conduit à la fois à stimuler l'innovation locale et les importations de ces innovations vertes. Ces résultats suggèrent alors un potentiel significatif pour accroître les transferts depuis les pays de l'Annexe B vers les PED et particulièrement vers le territoire chinois, étant donné que cette économie possède des capacités technologiques significatives et alloue des montants croissants aux activités de recherche et développement.

Ensuite, **le deuxième groupe d'analyses** qui a une importance primordiale dans l'étude empirique effectuée dans la thèse a été élaboré par le groupe de travail de l'OCDE sur la politique environnementale et l'innovation technologique.

Ces recherches visent à développer des indicateurs de l'innovation verte et à mesurer la diffusion de ces technologies. A partir des données fournies dans la base PATSTAT, Johnstone *et al.* (2009, 2011b) ont identifié une dynamique de transferts de technologies en

utilisant les comptes de « *duplicate patent application* » désagrégés par domaine technologique. En d'autres termes, étant donné que la protection pour une invention particulière peut être demandée dans plusieurs pays, ces demandes de protection « dupliquées » peuvent alors être utilisées pour quantifier les transferts internationaux de technologies. De plus, les inventions relatives à la protection de l'environnement ont été identifiées grâce aux codes IPC –*International Patent Classification*– fournis lors de l'enregistrement de la demande de brevet (Cf. Encadré II.1 page 146).

Les recherches de l'OCDE débouchent sur trois résultats principaux :

- D'abord, l'identification des principaux pays sources et récipiendaires des technologies environnementales met en lumière l'importance des relations bilatérales entre pays de l'Annexe B du Protocole de Kyoto (le Tableau II.3 présente les résultats empiriques récents de Haščič *et al.* (2010)). Dans le cas de transferts Nord-Sud, le Japon apparaît comme le principal fournisseur de technologies environnementales en Chine (1338 demandes de brevets dupliquées), représentant près de 32% de toutes les demandes de brevets dupliquées dont le territoire chinois est récipiendaire (*duplicate office*).

Tableau II.3. Principaux transferts bilatéraux dans les technologies environnementales (1988-2007) (Haščič *et al.* (2010))

	US	EP	JP	DE	AU	CN	CA	KR	AT	ES	GB	TW	BR	NO	FR	DK	MX
US		2188	1798	1146	1312	1136	946	569	165	162	142	344	325	91	48	90	163
JP	4633	1533		1161	561	1338	213	883	65	59	72	536	36	42	65	28	14
DE	1252	2501	751	850	610	471	344	186	406	310	35	49	192	136	62	160	75
GB	463	485	263	260	334	142	149	60	78	65	742	20	39	43	7	32	19
FR	393	521	255	314	188	116	175	27	94	10	13	10	37	35	414	26	21
KR	1008	140	484	95	37	348	9	168	2	3	22	41	2	4	8	1	2
EP	327		157	243	129	146	73	47	137	75	6	5	17	18	2	66	8
SE	84	106	47	82	103	28	42	10	31	24		6	13	23	1	16	3
NL	77	167	53	110	121	28	33	7	37	34	4	2	15	13	1	25	6
AU	105	86	52	25	346	46	39	9	10	10	3	2	15	5		2	11
NO	74	98	41	53	104	41	53	14	30	20	7		11	179		14	1
IT	88	207	32	78	46	32	28	6	27	23	1	6	13	9	1	8	2
DK	80	114	27	74	93	65	52		35	23	1		6	16		107	6
ES	60	115	18	47	47	37	16	1	24	179	2		11	4	2	8	10
AT	38	102	24	54	38	21	28	11	91	19			14	12	1	5	8
FI	46	71	29	49	51	16	31	4	20	12	1		7	10	1	9	1
CA	97	45	24	30	53	17	104	5	9	7	5		8	6	2	2	7
CN	60	35	11	8	46	158	8	5	2	1			2		2	1	1
IL	48	32	13	23	47	10	7	3	9	9	3		9	2		4	4

Note : Nombre de demandes de brevets dupliquées entre les paires de « *priority office* » et « *duplicate office* ». Codes des pays et organisations : US : Etats-Unis, JP : Japon ; DE : Allemagne ; GB : Grande-Bretagne ; FR : France ; KR : République de Corée ; EP : *European Patent Organization* ; SE : Suède ; NL : Pays-Bas ; AU : Australie ; NO : Norvège ; IT : Italie ; DK : Danemark ; ES : Espagne ; AT : Autriche ; FI : Finlande ; CA : Canada ; CN : Chine ; IL : Israël ; TW : Taïwan ; BR : Brésil ; MX : Mexique.

Source : Haščič *et al.*, 2010, *Climate Policy and Technological Innovation and Transfer : An overview of Trends and Recent Empirical Results*, OECD Environment Working Papers, N°30, OECD Publishing, disponible à l'adresse <<http://dx.doi.org/10.1787/5km33bnggcd0-en>>, p.34.

- Ensuite, les brevets dont la priorité est revendiquée au Japon sont étendus en premier lieu aux Etats-Unis (41% des brevets connaissant plusieurs bureaux d'enregistrement identifiés par Haščič *et al.* (2010)), en deuxième lieu à l'*European Patent Organization* (13.6%) et enfin en troisième position au territoire chinois (11.9%). Ces résultats permettent alors d'affirmer les relations technologiques étroites entre le Japon et la Chine, cette dernière bénéficiant d'innovations nippones dans le domaine de l'environnement.
- Enfin, la désagrégation des brevets japonais étendus au territoire chinois par type de technologies environnementales met en évidence la prédominance des transferts de technologies solaires photovoltaïques (1067 sur les 1338 demandes de brevets dupliqués), technologies pour lesquelles le Japon est le premier fournisseur mondial et la Chine le principal territoire d'accueil (663 demandes de brevets américaines ont été étendues au territoire chinois, ainsi que 185 demandes de brevets allemandes sur la période 1988-2007). Ce résultat peut s'expliquer principalement par la place de la Chine comme premier producteur

mondial de panneaux solaires photovoltaïques, les entreprises étrangères produisant sur son territoire préférant y étendre la protection de leurs inventions afin de réduire les risques d'imitations. Dans ce même registre, la Chine se démarque comme principal pays récipiendaire dans la plupart des technologies étudiées par Haščič *et al.* (2010) : technologies solaires thermiques, énergie éolienne, et dans une moindre mesure les biocarburants et les technologies de capture du CO₂ [Cf. Annexe 13 pour une représentation cartographique des résultats de Haščič *et al.* (2010) sur les transferts de technologies environnementales].

Le Tableau II.4 propose une synthèse de cette revue de littérature sur les études empiriques sur les transferts de technologies environnementales appréhendés par les données sur les brevets. Ce tableau présente les méthodologies et les principaux résultats de ces études empiriques de référence.

Tableau II.4. Transferts de technologies environnementales quantifiés par les familles internationales de brevets : les principales études empiriques

Etudes empiriques	Période d'étude	Technologies environnementales sélectionnées	Méthodologie utilisée	Principaux résultats
Dechezlepretre (2009)	1978 - 2003 Période d'étude des transferts de technologies : 1998 - 2003	Treize classes de technologies qui ont un potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre (dont sept technologies relatives à l'utilisation de sources d'énergie renouvelables) (Cf. Encadré II.4).	Utilisation de la base de données sur les brevets PATSTAT Quantification des transferts internationaux de technologies grâce aux familles internationales de brevets	a) Impact positif du Protocole de Kyoto sur l'innovation environnementale. b) Le Japon est le principal inventeur dans 12 catégories de brevets environnementaux sur 13. c) Les secteurs environnementaux les plus dynamiques sont ceux relatifs à la transformation des déchets en énergie, à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'éclairage, à l'évitement du méthane, et aux technologies éoliennes. <i>Transferts internationaux de technologies environnementales :</i> d) En 2003, 23% des technologies environnementales sont brevetées dans au moins deux pays. Plus précisément, 17.8% des transferts de technologies apparaissent dans un cadre Nord-Sud. e) Les technologies les plus internationalisées sont celles relatives aux moteurs à injection, à la biomasse et à l'efficacité énergétique dans l'éclairage. f) Taux d'exportation des innovations japonaises : 20%.
Dechezlepretre <i>et al.</i> (2010)	1978 – 2005 Période d'étude des transferts de technologies : 2000 - 2005	<i>Idem</i> Dechezlepretre (2009)	<i>Idem</i> Dechezlepretre (2009)	a) Entre 2000 et 2005, 73% des transferts de technologies environnementales apparaissent entre pays de l'OCDE, 22% le sont depuis les pays industrialisés vers des pays non-OCDE, et 4% des processus de diffusion technologique ont pour origine et destination des pays non-OCDE. b) Concernant les transferts de technologies environnementales Nord-Sud, la Chine à elle seule en attire près des trois quarts. c) Les taux d'exportation des inventions japonaises et chinoises sur la période 2000-2005 sont respectivement de 21.7% et 6.8%.
OCDE (2011a) Hašičič <i>et al.</i> (2010)	1988 - 2007	Identification des codes IPC relatifs aux technologies environnementales brevetées (disponibles à l'adresse < http://www.oecd.org/dataoecd/4/14/47917636.pdf >)	Base de données PATSTAT Quantification des transferts internationaux de technologies grâce aux « <i>duplicate patent application</i> »	a) Le Japon est le principal fournisseur de technologies en Chine : 1338 demandes de brevets avec une portée environnementale dupliquées. b) Technologies solaires photovoltaïques : 1067 demandes de brevets japonais dupliquées en Chine. c) Technologies solaires thermiques : 46 demandes de brevets japonais dupliquées en Chine. d) Corrélation entre les principaux inventeurs et les principaux exportateurs des technologies. e) Utilisation d'autres indicateurs pour témoigner du transfert de technologies vertes : collaboration internationale dans la recherche (co-inventions).

En résumé, cette partie avait pour objectif d'analyser la littérature traitant des transferts de technologies vertes appréhendés par les données sur les brevets. Au terme de cette partie, trois conclusions peuvent être tirées.

D'abord, les législations environnementales contraignantes dans les pays industrialisés incitent à l'innovation verte, mais aussi à la diffusion de ces technologies environnementales [Jaffe *et al.*, 1997 ; Popp, 2002 ; Brunnermeier *et al.*, 2003 ; OCDE, 2008b ; Johnstone *et al.*, 2011a]. Dès lors, des législations environnementales relativement plus strictes au Japon couplées avec les capacités technologiques de la Chine facilitent à la fois l'innovation environnementale mais aussi le transfert de technologies vertes. Ces facteurs sont alors interprétés comme des incitations à la diffusion technologique.

Ensuite, les deux principaux groupes d'études empiriques sur les transferts de technologies vertes ont retenu une méthodologie similaire : la diffusion de technologies environnementales est appréhendée par la quantification des demandes de brevets japonais dupliqués en Chine [Dechezlepretre, 2009 ; Dechezlepretre *et al.*, 2010 ; Haščič *et al.*, 2010 ; OCDE, 2011a]. Cette demande de protection étendue peut être expliquée par deux types de facteurs : d'une part, un facteur « sécurisation de la production » et d'autre part, un facteur « sécurisation des ventes ». Dès lors, l'internationalisation des processus productifs des firmes nippones ainsi que l'implantation de filiales de commercialisation en Chine entraînent un risque d'imitation des technologies innovantes, lequel peut être limité par l'extension de la protection du brevet au sol chinois. Les familles internationales de brevets permettent alors d'appréhender le processus d'internationalisation des technologies vertes et de la diffusion de ces dernières vers la Chine.

Enfin, ces études empiriques des transferts ont démontré que même s'ils ne sont pas majoritaires, les transferts de technologies vertes Nord-Sud apparaissent tout de même dans approximativement 20% des cas de diffusion technologique identifiés. Les relations privilégiées entre la Chine et le Japon sont alors renforcées dans les cas des technologies solaires, ces pays étant respectivement les principaux récipiendaires et diffuseurs de la technologie.

Le point suivant a alors pour objectif d'approfondir ces conclusions en analysant l'évolution et la répartition sectorielle des transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine. Pour ce faire, deux méthodologies de quantification sont appliquées, inspirées des travaux de l'OCDE et de Dechezlepretre (2009).

2.2. Analyse empirique de la diffusion technologique depuis le Japon vers la Chine mesurée par les dépôts de brevets environnementaux

Les transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine peuvent être quantifiés grâce aux données sur les brevets disponibles dans la base PATSTAT. Le premier temps de cette dernière partie présente les deux méthodologies retenues pour l'analyse empirique : d'une part, une méthodologie originale qui vise à déterminer les innovations vertes brevetées en Chine dont l'inventeur est de nationalité japonaise, et d'autre part, l'application de la méthodologie de l'OCDE (2011a) qui quantifie les transferts *via* les familles internationales de brevets (2.2.1). Les résultats de ces études empiriques sont présentés dans un second temps, précisant la densité et la structure des transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine (2.2.2).

2.2.1. Méthodologie utilisée pour appréhender quantitativement le transfert de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine

La dynamique de diffusion technologique depuis le Japon vers la Chine, que les technologies aient une vocation environnementale ou non, est difficile à appréhender. L'utilisation des données sur les brevets restreint le cadre analytique, étant donné qu'est considéré seulement l'*output* du processus d'innovation au Japon, et que les technologies environnementales appréhendées sont seulement celles protégées par un droit de propriété intellectuelle. En d'autres termes, seulement les technologies innovantes et brevetées peuvent être saisies par cette méthodologie, et il n'est pas possible de déterminer avec exactitude dans quelle mesure les firmes chinoises s'approprient ces technologies environnementales et les adaptent à leurs besoins locaux.

Toutefois, les données sur les brevets ont été utilisées comme indicateurs de l'innovation environnementale dans les principales études empiriques [Dechezlepretre, 2009 ; Johnstone *et al.*, 2009 ; 2011b ; Haščič *et al.*, 2010 ; EPO, 2010 ; OCDE, 2011a] et l'exhaustivité des bases de données disponibles permet une analyse empirique précise.

Dès lors, afin d'identifier les dynamiques de transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine, la méthodologie retenue repose sur l'utilisation de la base de données mondiale sur les brevets PATSTAT⁹⁰, élaborée par l'*European Patent Organization*. Cette base a une couverture mondiale, regroupant les données issues de 80 offices de brevets nationaux et contenant plus de 63 millions de demandes de brevets tous domaines technologiques confondus. Les données disponibles dans cette base concernent, premièrement, les caractéristiques techniques de l'invention (domaine de couverture du brevet, classifications techniques, citations, papiers scientifiques cités), deuxièmement, les informations relatives au développement de l'invention (adresse et pays de résidence de l'inventeur, adresse et pays de résidence des demandeurs du brevet), et troisièmement, les renseignements liés à l'historique de la demande de brevet (*priority date* – date de premier enregistrement du brevet, date d'enregistrement dans le pays concerné, date de publication, date de fin de la protection).

L'utilisation de ces données présente de nombreux avantages étant donné qu'elles sont une mesure appropriée de l'activité d'innovation et sont utilisées pour évaluer la diffusion technologique internationale [Dernis *et al.*, 2001 ; OCDE, 2008b ; Oltra *et al.*, 2009]. D'une part, il y a peu d'exemples de technologies innovantes qui n'ont pas été brevetées et ces données couvrent un panel important de champs technologiques. D'autre part, les données sur les familles internationales de brevets permettent de déterminer toutes les demandes de brevets liées à une même invention dans différents pays [EPO, 2010]. Une famille internationale de brevet est donc définie comme « *un ensemble de brevets individuels accordés par différents pays. La famille de brevet [comprend] (...) toutes les demandes de brevets équivalentes correspondant à une seule invention, couvrant différentes régions géographiques. La taille des familles de brevets est une mesure de l'ampleur géographique pour laquelle la protection d'une invention est recherchée* » [OCDE, 2011a, p.230].

Etant donné que les demandes de brevets relèvent principalement d'une volonté de protection face à des imitateurs potentiels, il est complexe de conclure à une dynamique de diffusion technologique. Toutefois, le coût élevé des processus de brevetage implique de fait que les firmes demandent à protéger leurs inventions dans d'autres pays seulement si ces dernières envisagent de commercialiser et /ou produire ces technologies sur des territoires étrangers. Dès lors, dans les cas des brevets japonais (lieu de résidence de l'inventeur / du

⁹⁰ Les informations concernant la base PATSTAT sont disponibles sur le site internet de l'Office Européen des Brevets –*European Patent Organization*– consulté le 29/03/2012 à l'adresse <<http://www.epo.org/searching/subscription/raw/product-14-24.html>>

demandeur lors de la première demande) dont la protection est étendue au territoire chinois (enregistrement ultérieur du brevet en Chine), deux situations peuvent être identifiées :

- D'une part, ce processus aura lieu dans le cas où une filiale japonaise de commercialisation est établie en Chine et prévoit de vendre ces technologies innovantes sur ce territoire.
- D'autre part, la firme japonaise étendra la protection de sa technologie au territoire chinois dans le cas où elle envisage de produire cette innovation en Chine, se protégeant des imitateurs potentiels.

Afin d'identifier les brevets déposés qui sont relatifs à des technologies environnementales, nous avons utilisé les classifications de technologies vertes élaborées par Dechezlepretre *et al.* (2009a) et celle du groupe de travail de l'OCDE sur la construction d'un indicateur de technologies environnementales (*ENV-Tech Indicator*). Ces travaux ont permis d'identifier les innovations vertes à partir de leurs codes IPC attribués lors de l'enregistrement des brevets. Les codes IPC sélectionnés pour l'analyse empirique des transferts de technologies depuis le Japon vers la Chine sont disponibles dans l'Encadré II.5. Les brevets analysés comprennent des technologies environnementales qui ont vocation, d'une part, de réduire les émissions de polluants - technologies de réduction de la pollution atmosphérique, dépollution des eaux, valorisation des déchets, assainissement des sols, surveillance de l'environnement, capture et stockage du CO₂, et enfin capture du méthane. D'autre part, six technologies d'exploitation des énergies renouvelables – éolien, solaire, géothermie, énergie océanique, hydraulique et biomasse – sont analysées.

Encadré II.5. Codes IPC liés au changement climatique - Technologies environnementales sélectionnées

Description	Classes IPC	Sources
Réduction de la pollution atmosphérique (issue de sources stationnaires)	B01D 46/00, B01D 47/00, B01D 49/00, B01D 50/00, B01D 51/00, B01D 53/34, B01D 53/38, B01D 53/40, B01D 53/42, B01D 53/44, B01D 53/46, B01D 53/48, B01D 53/50, B01D 53/52, B01D 53/54, B01D 53/56, B01D 53/58, B01D 53/60, B01D 53/62, B01D 53/64, B01D 53/66, B01D 53/68, B01D 53/70, B01D 53/72, B03C 3/00, C10L 10/02, C10L 10/06, C21B 7/22, C21C 5/38, F01N 3/00, F01N 5/00, F01N 7/00, F01N 9/00, F23B 80/00, F23C 9/00, F23G 7/06, F23J 15/00, F27B 1/18	Classification de l'OCDE, <i>Indicator of Environmental technologies</i> , Environmental Policy and Technological Innovation, disponible à l'adresse www.oecd.org/environnement/innovation/indicator
Réduction de la pollution des eaux	B63J 4/00, C02F, C05F 7/00, C09K 3/32, E02B 15/04, E02B 15/06, E02B 15/10, E03B 3/00, E03C 1/12, E03F	
Réduction des déchets	E01H 15/00, B65F, A23K 1/06, A23K 1/08, A23K 1/10, A43B 1/12, A43B 21/14, B03B 9/06, B22F 8/00, B29B 7/66, B29B 17/00, B30B 9/32, B62D 67/00, B65H 73/00, B65D 65/46, C03B 1/02, C03C 6/02, C03C 6/08, C04B 7/24, C04B 7/26, C04B 7/28, C04B 7/30, C04B 11/26, C04B 18/04, C04B 18/06, C04B 18/08, C04B 18/10, C04B 33/132, C08J 11/00, C09K 11/01, C10M175, C22B 7/00, C22B 19/28, C22B 19/30, C22B 25/06, D01G 11/00, D21B 1/08, D21B 1/10, D21B 1/32, D21C 5/02, D21H 17/01, H01B 15/00, H01J 9/52, H01M 6/52, H01M 10/54, C05F 1/00, C05F 5/00, C05F 7/00, C05F 9/00, C05F 17/00, C10L 5/46, C10L 5/48, F23G 5/00, F23G 7/00, B09B, C10G 1/10, A61L 11/00	
Assainissement des sols	B09C	
Surveillance de l'environnement	F01N 11/00; G08B 21/12, G08B 21/14	
Energie éolienne	F03D 1/00, F03D 1/02, F03D 1/04, F03D 1/06, F03D 3/00, F03D 3/02, F03D 3/04, F03D 3/06, F03D 5/00, F03D 5/02, F03D 5/04, F03D 5/06, F03D 7/00, F03D 7/02, F03D 7/04, F03D 7/06, F03D 9/00, F03D 9/02, F03D 11/00, F03D 11/02, F03D 11/04	
Energie solaire	H01L 31/042, H01L 31/045, H01L 31/048, H01L 31/05, H01L 31/052, H01L 31/055, H01L 31/058, H02N 6/00, E04D 13/18, F24J 2/06, F24J 2/07, F24J 2/08, F24J 2/10, F24J 2/12, F24J 2/13, F24J 2/14, F24J 2/15, F24J 2/16, F24J 2/18, F03G 6/00, F03G 6/02, F03G 6/04, F03G 6/06, F24J 2/02, F24J 2/20, F24J 2/22, F24J 2/23, F24J 2/24, F24J 2/26, F24J 2/28, F24J 2/30, F24J 2/32, F24J 2/34, F24J 2/36, F24J 2/38, F24J 2/40, F24J 2/42, F24J 2/44, F24J 2/46, F24J 2/48, F24J 2/50, F24J 2/51, F24J 2/52, F26B 3/28	
Géothermie	F24J 3/00; F24J 3/06, F24J 3/08, F03G 4/00, F03G 4/02, F03G 4/04, F03G 4/06	
Energie océanique	E02B 9/08, F03B 13/12, F03B 13/14, F03B 13/16, F03B 13/18, F03B 13/20, F03B 13/22, F03B 13/24, F03B 13/26, F03G 7/04, F03G 7/05, F03B 7/00	
Energie hydraulique	F03B 3/00, F03B 7/00, F03B 13/06, F03B 13/08, F03B 13/10, F03B 15/00	
Biomasse	C10L 5/42, C10L 5/44, F02B 43/08, C10L 1/14, B01J 41/16	
Capture et stockage du CO₂	B01D 53/62	
Capture du méthane	C02F 11/04, C02F 3/28, C12M 1/107	

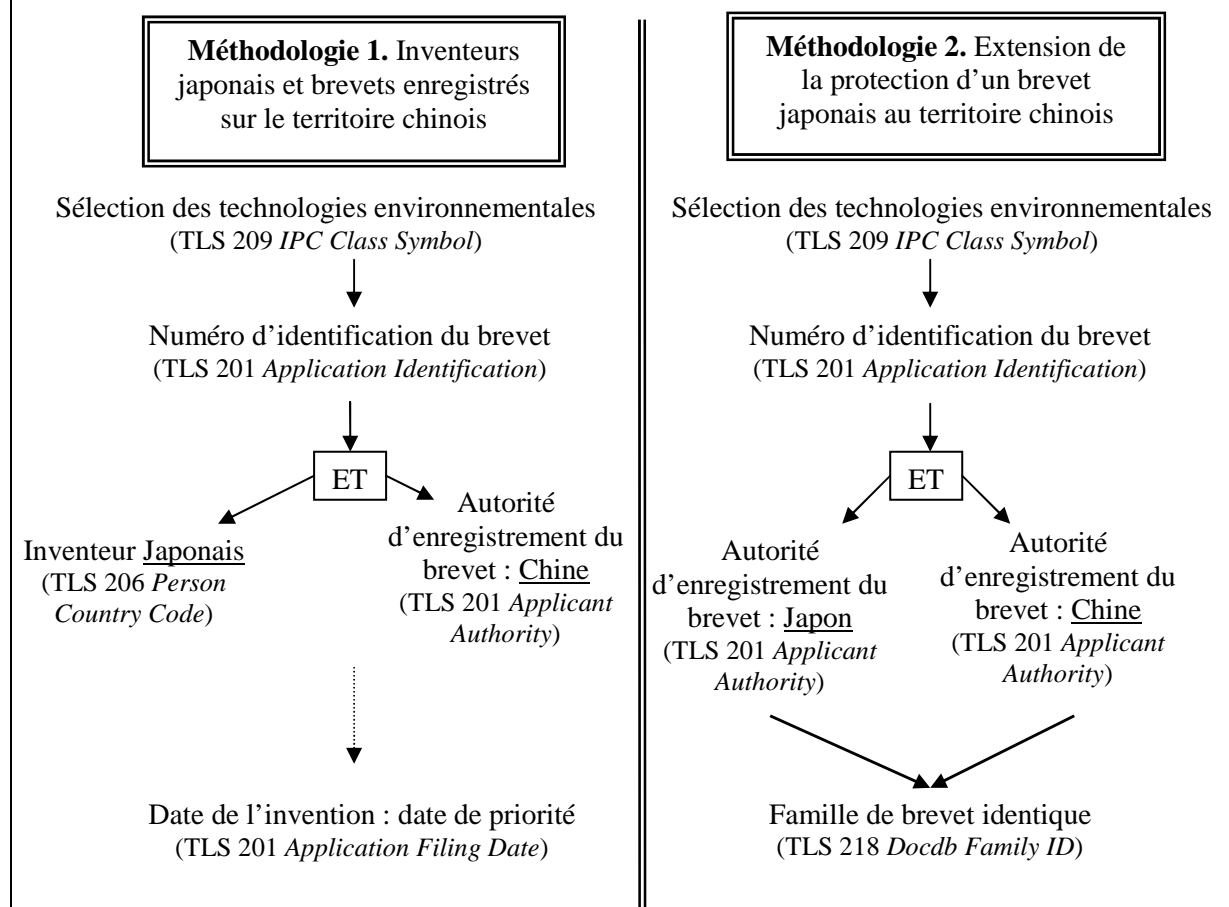
Méthodologie de collecte des données sur les transferts de technologies environnementales

Deux méthodologies sont alors adoptées pour appréhender une dynamique de transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine (Cf. Schéma II.3).

- Premièrement, ont été extraites de la base PATSTAT toutes les demandes de brevets possédant des caractéristiques environnementales (table 209 *IPC Class Symbol*), ces dernières étant distinguées grâce au numéro d'identification de la demande. A partir de cette discrimination, nous avons sélectionné tous les brevets pour lesquels le pays de résidence de l'inventeur est le Japon (table 206 *person country code*) et dont l'autorité d'enregistrement de la demande est la Chine (table 201 *applicant authority*). Afin de déterminer la date de l'invention, nous avons classé les demandes de brevets sélectionnées par date de priorité – *priority date* [Dernis *et al.*, 2001] (table 201 *application filing date*). Cette méthodologie permet alors de déterminer les technologies environnementales innovantes japonaises qui sont protégées sur le territoire chinois.

- Deuxièmement, ont été extraits tous les brevets environnementaux (correspondants aux classes IPC définies dans l'Encadré II.5) à partir de la table 209 *IPC Class Symbol* de la base PATSTAT, classés par numéro de demande (*applicant identification*). A partir des brevets extraits, nous avons sélectionné tous les brevets appartenant à la même famille de brevets (table 218 *Docdb family id*) enregistrés à la fois au Japon et en Chine (à partir de la table 201 *applicant authority*). La distinction entre les dates d'enregistrement au Japon et en Chine (à partir de la table 201 *application filing date*) permet de déterminer la direction du transfert. En d'autres termes, étant donné qu'une famille de brevet comprend toutes les demandes de protection liées à la même invention, nous avons sélectionné toutes les familles de brevets environnementaux pour lesquelles une demande de protection a été effectuée sur le territoire chinois et japonais.

Schéma II.3. Méthodologies pour quantifier les transferts de technologies environnementales depuis la base PATSTAT



Ces deux méthodologies ne sont pas complémentaires mais sont au contraire deux approches distinctes afin de quantifier les transferts de technologies vertes. Ainsi, les brevets sélectionnés grâce à la première méthodologie peuvent aussi être inclus dans ceux désignés par la seconde. L'utilisation de deux méthodologies de quantification distinctes a pour objectif de vérifier les résultats sur la répartition sectorielle des transferts. Il est alors possible de déterminer, premièrement, les inventions environnementales japonaises protégées en Chine, et deuxièmement, les brevets environnementaux japonais dont la protection est étendue au territoire chinois.

2.2.2. *Transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine appréhendés par les données sur les dépôts de brevets*

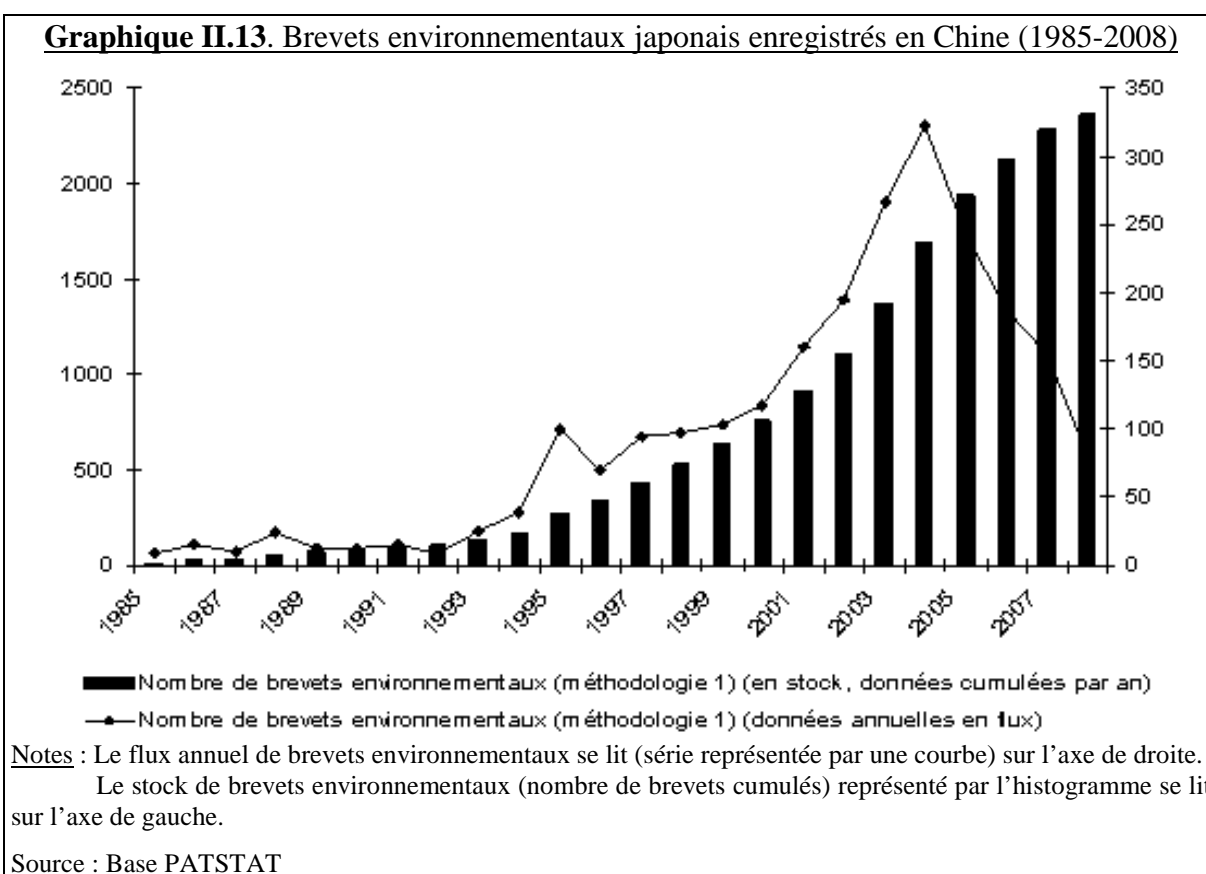
Cette partie a pour objectif de présenter les résultats des deux méthodologies mobilisées pour déterminer les transferts de technologies environnementales du Japon vers la Chine. Dans un premier temps, ces transferts sont déterminés par les technologies inventées par des entités japonaises et brevetées sur le territoire chinois. Dans un second temps, la diffusion technologique est identifiée par l'extension de la protection d'un brevet japonais au territoire chinois.

- ***Méthodologie 1. Identification de transferts de technologies environnementales : technologies japonaises brevetées sur le territoire chinois***

La première méthodologie de collecte des données sur les transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine identifie une dynamique de diffusion technologique lorsque l'inventeur du brevet est de nationalité japonaise, et que l'autorité d'enregistrement de la demande de brevet est chinoise.

D'après les informations disponibles dans la base PATSTAT sur la période 1985-2008, un total de 2363 brevets environnementaux possède les caractéristiques identifiées par la première méthodologie abordée pour désigner une dynamique de diffusion technologique. Ces innovations environnementales ont donc été élaborées par des entités japonaises et sont protégées sur le territoire chinois. Cette dynamique apparaît lorsqu'une filiale d'une entreprise nipponne installée en Chine souhaite y protéger son invention dans un objectif de commercialisation, ou bien, lorsque cette filiale a la volonté de produire ces technologies sur le territoire chinois tout en limitant les risques d'imitation. La dynamique de transferts de technologies est alors inhérente à ce processus, les externalités positives de la présence de la technologie environnementale innovante en Chine prenant la forme d'effets d'apprentissage de la part des personnels chinois utilisant et/ou produisant la technologie, ainsi que d'effets pro-concurrentiels conduisant les entreprises domestiques à utiliser la même technologie environnementale grâce à un processus d'imitation et d'appropriation [Sun *et al.*, 1999 ; Wei *et al.*, 2006].

Le Graphique II.13 représente la croissance du nombre de brevets environnementaux dont l'inventeur est japonais et qui ont été enregistrés sur le territoire chinois (données en stock et en flux). Cette tendance est marquée par une accélération du nombre de brevets verts depuis la fin des années 1990 et le début des années 2000, principalement depuis la signature du Protocole de Kyoto. La désagrégation par type de technologies environnementales montre que des technologies sont transférées dans presque tous les domaines environnementaux retenus pour notre analyse, à l'exception des technologies visant à assainir les sols pour lesquelles aucune dynamique de diffusion technologique n'a été appréhendée par cette méthodologie.



Plus précisément, 40% des brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine ont trait à la réduction de la pollution atmosphérique, et près de 26% à la valorisation des déchets. Notons que la réduction de la pollution de l'air est un enjeu environnemental important sur le territoire chinois étant données les émissions de carbones liés à la combustion des énergies fossiles (principalement le charbon). Les firmes nippones installées en Chine qui utilisent et/ou élaborent des technologies innovantes afin de réduire les

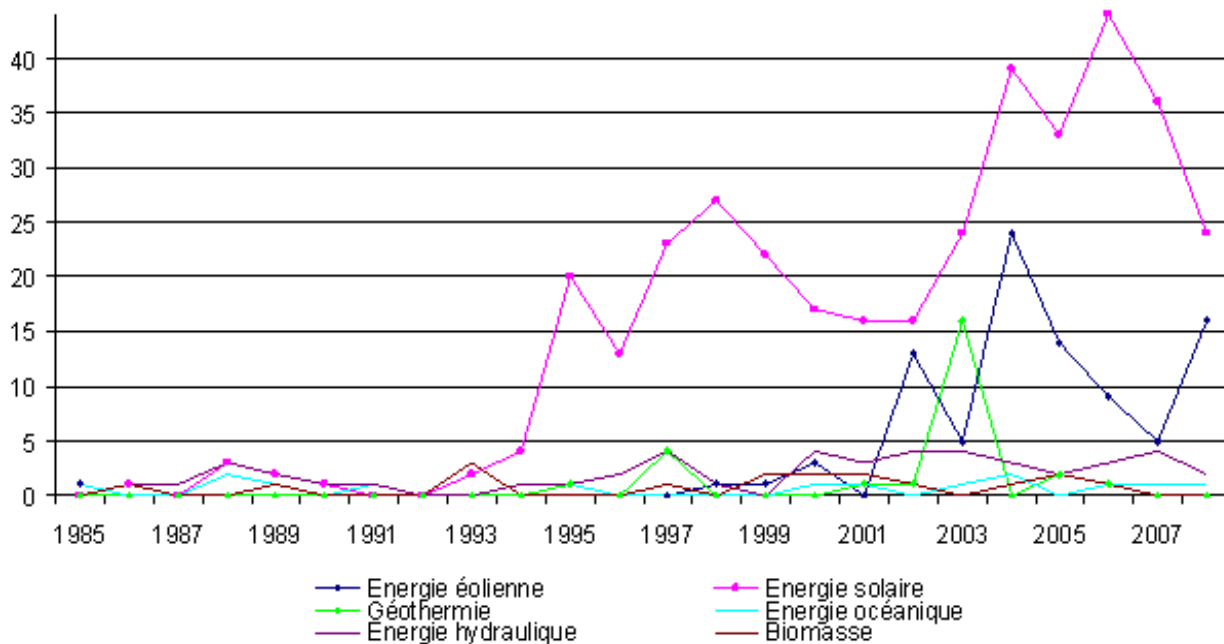
pollutions atmosphériques contribuent alors directement mais aussi indirectement à la réduction des émissions de carbone (indirectement *via* une généralisation de l'usage de ces techniques à long terme).

Lorsque les brevets sont désagrégés par types de technologies, deux principaux résultats apparaissent :

- D'abord, lorsque l'on considère les six technologies d'exploitation d'énergie de sources renouvelables (hydraulique, éolien, solaire, biomasse, géothermie, énergie océanique), les flux de demandes de brevets japonais sur le territoire chinois sont les plus importants lorsqu'ils concernent des technologies solaires, sachant que les demandes de brevets relatives à l'énergie éolienne connaissent une croissance significative depuis le début des années 2000 (*Cf.* Graphique II.14). Les technologies d'exploitation d'énergies renouvelables les plus dynamiques sont alors celles qui ont attiré à l'énergie éolienne et à la géothermie (*Cf.* Graphique II.15, les stocks de brevets sont exprimés en moyenne mobile sur trois ans et en indice base 1 en 1995). Les demandes de brevets japonais en Chine concernant ces technologies ont respectivement été multipliées par 51 et 39 entre 1995 et 2008, reflétant l'usage de technologies éoliennes de plus en plus courant sur le territoire chinois. Ces transferts de technologies sont à mettre en parallèle avec la place du Japon en tant que principal innovateur dans le domaine environnemental et dont les inventions dans le domaine des technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables sont centralisées sur l'énergie solaire (81% des brevets relatifs à la production d'énergie renouvelable) et dans une moindre mesure sur l'énergie éolienne (12.7%) [base de l'OCDE⁹¹].

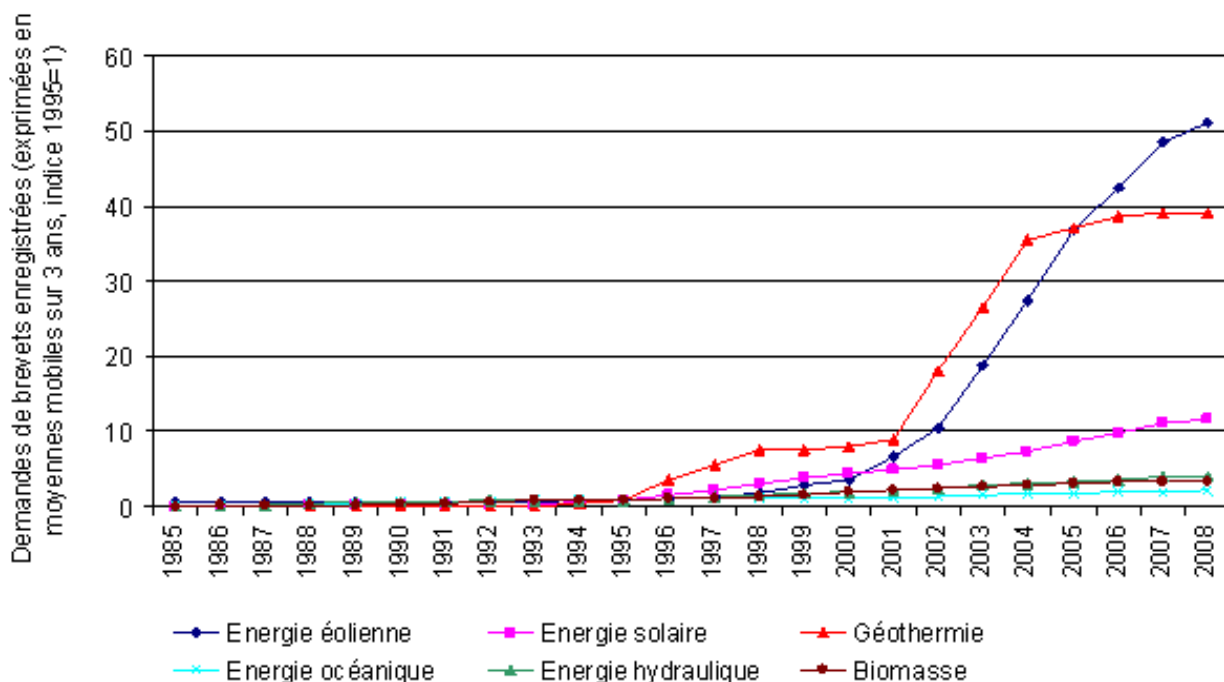
⁹¹ Base de données de l'OCDE disponible à l'adresse <<http://stats.oecd.org/index.aspx?lang=fr>>

Graphique II.14. Flux de brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine relatifs aux technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables (1985-2008)



Source : Base PATSTAT

Graphique II.15. Stocks de brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine relatifs aux technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables (1985-2008)

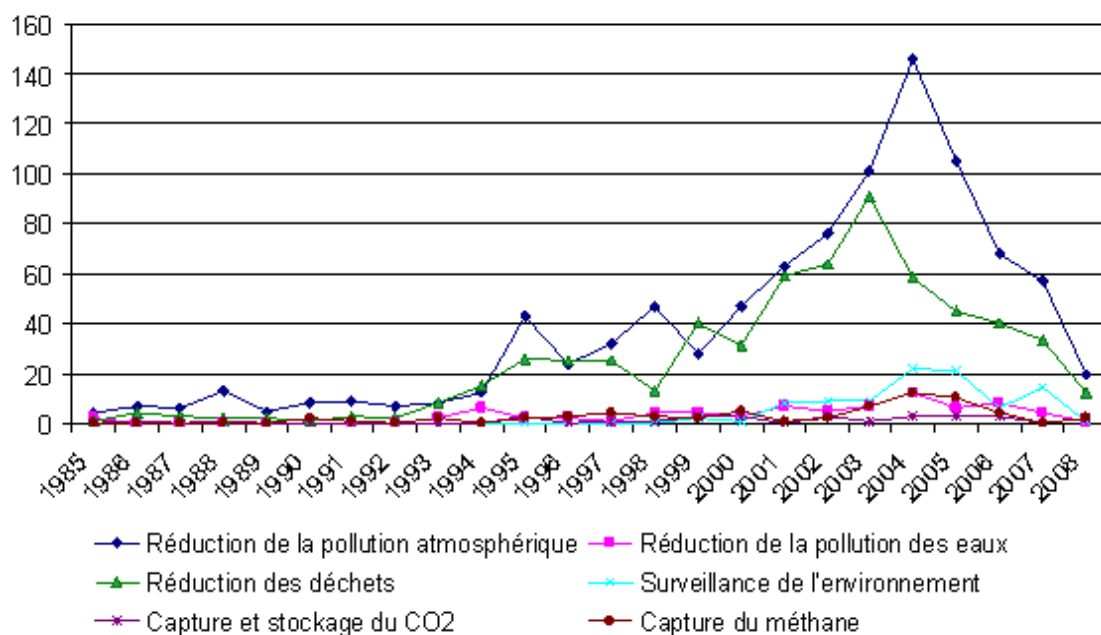


Source : Base PATSTAT

Dès lors, il apparaît que dans cette catégorie de technologies, la Chine ne reste pas seulement récipiendaire de technologies extérieures mais que la diffusion technologique s'opère en adéquation avec les secteurs pour lesquels les entreprises possèdent des capacités de R&D domestiques : les brevets chinois relatifs à des technologies photovoltaïques et éoliennes représentent respectivement 30.35% et 19.80% des demandes chinoises concernant des technologies renouvelables. Cette adéquation entre la répartition sectorielle des transferts et les capacités technologiques domestiques chinoises renforce alors le constat selon lequel la direction des transferts est expliquée en partie par l'existence de pré-requis technologiques dans l'économie récipiendaire.

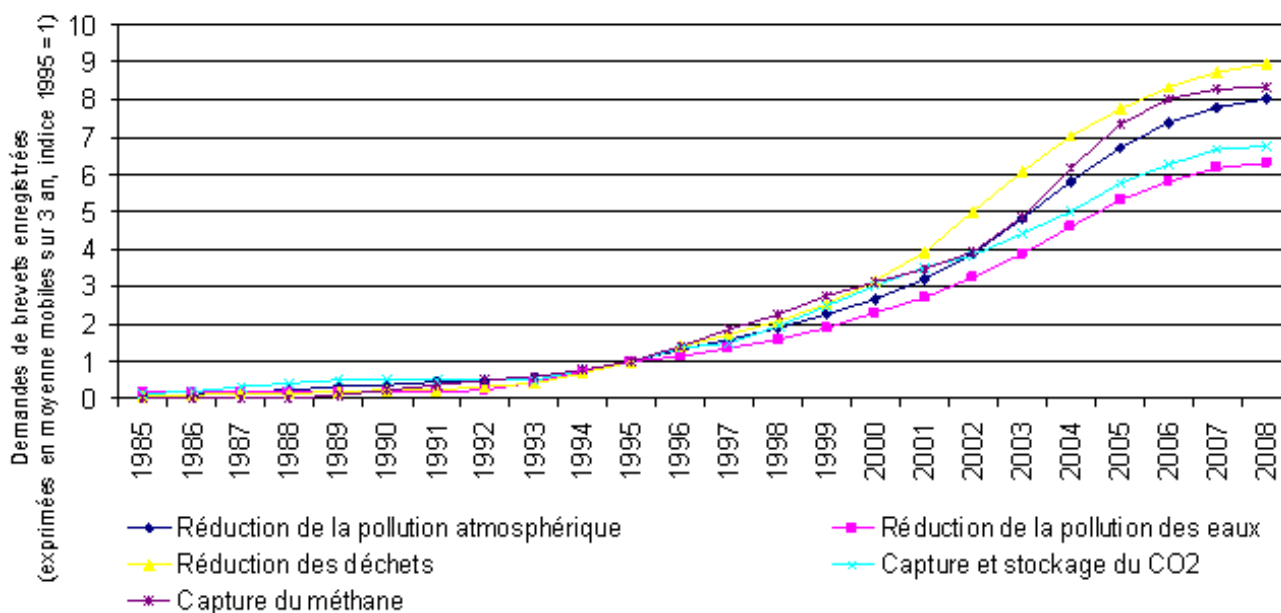
- Ensuite, les brevets enregistrés en Chine relatifs à des technologies de dépollution japonaises reflètent similairement une dynamique de transferts de technologies vertes vers le territoire chinois. Dès lors, il apparaît que les technologies liées à la réduction de la pollution atmosphérique dominent les transferts, les demandes de brevets relatives à ces innovations connaissant une croissance significative à partir de la fin des années 1990 (Cf. Graphique II.16). La signature du Protocole de Kyoto en 1997 régulant les émissions de GES peut alors être interprétée comme un facteur explicatif de la croissance des brevets relatifs aux technologies de réduction de la pollution atmosphérique, et l'incertitude sur l'avenir du Protocole au terme de sa première période d'engagement en 2012 expliquerait du même ordre le ralentissement de ces demandes à la fin de la première décennie du XXI^{ème} siècle. Les technologies de réduction et de valorisation des déchets arrivent en seconde position dans les transferts, les brevets japonais enregistrés sur le territoire chinois ayant atteint le nombre de 64 en 2002. De plus, lorsque l'on considère le stock de brevets enregistrés dans ce champ environnemental sur la période 1985-2008 (exprimé en moyenne mobile sur trois ans et en indice base 1 en 1995), tous les brevets relatifs aux technologies de dépollution connaissent une tendance de croissance similaire, leur nombre ayant été multiplié par un coefficient compris entre 6 et 9 selon les technologies étudiées (Cf Graphique II.17).

Graphique II.16. Flux de brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine relatifs aux technologies de dépollution (1985-2008)



Source : Base PATSTAT

Graphique II.17 Stocks de brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine relatifs aux technologies de dépollution (1985-2008)



Source : Base PATSTAT

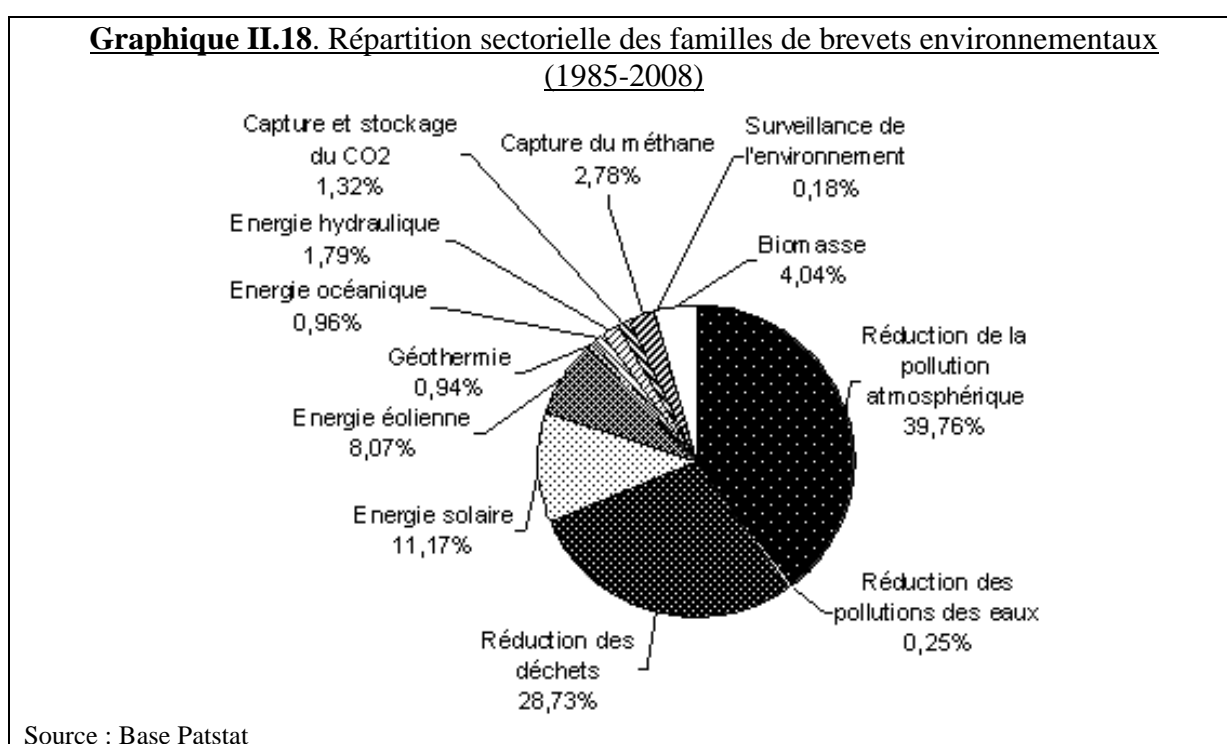
Cette première analyse empirique des transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine met en évidence deux résultats principaux :

- D'abord, les technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables transférées sont en adéquation avec les secteurs pour lesquels l'économie chinoise dispose de capacités technologiques significatives, facilitant le processus d'appropriation et la dynamique de transferts (énergie solaire et éolienne principalement).
- Ensuite, les brevets relatifs à des technologies japonaises enregistrées sur le territoire chinois mettent en évidence la prédominance des technologies de réduction de la pollution atmosphérique et de valorisation des déchets dans les transferts. Ainsi, les firmes nippones présentes sur le territoire chinois satisfont des standards environnementaux en adéquation avec les engagements japonais dans le cadre du Protocole de Kyoto, dont les objectifs sont centralisés sur la réduction des émissions de GES. Ces engagements environnementaux expliquent alors les efforts de recherche et développement des firmes nippones afin de développer ces technologies de réduction des émissions, sachant que le potentiel de réduction des GES sur le territoire chinois est significatif, ouvrant des opportunités commerciales pour les firmes nippones.

En dernier lieu, cette domination sectorielle des technologies de réduction de la pollution atmosphérique est à mettre en parallèle avec les projets MDP japonais implantés en Chine. Ces « projets propres » visent principalement à réduire les émissions de carbone, et le potentiel de réduction de certains gaz – tels que les hydrofluorocarbures et les émissions d'oxydes nitreux – est particulièrement important, générant des crédits carbone à moindres coûts. Une analyse des transferts de technologies dans les projets MDP japonais installés en Chine est réalisée dans le troisième chapitre de la thèse.

- ***Méthodologie 2. Identification de transferts de technologies environnementales : brevets déposés au Japon dont la protection est étendue au territoire chinois***

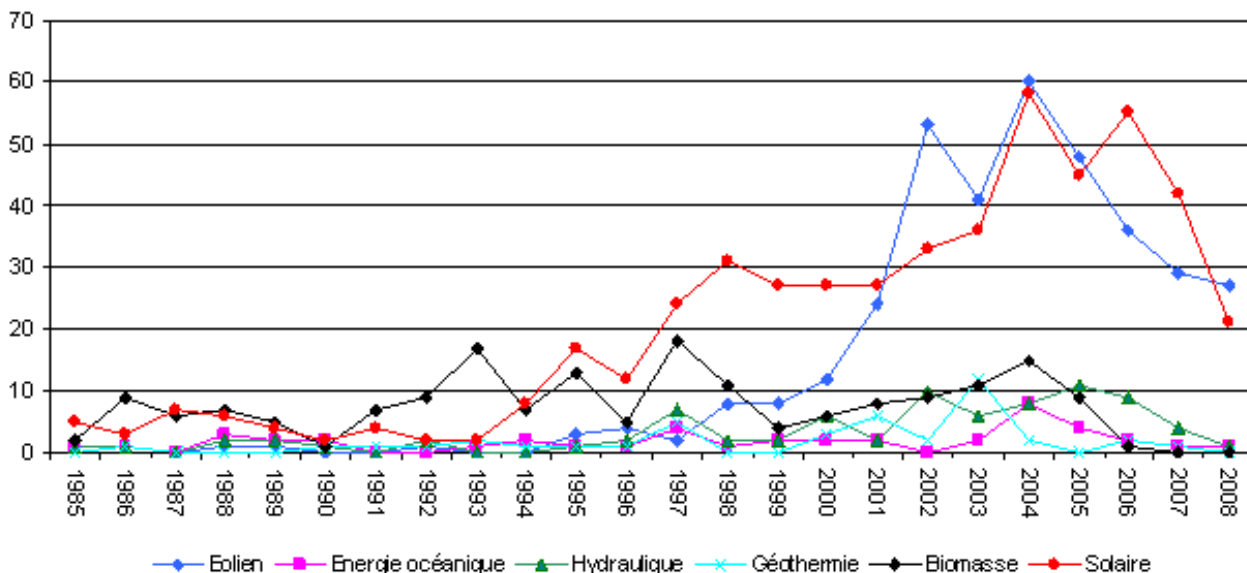
Les transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine sont déterminés, selon cette seconde méthodologie, grâce aux familles internationales de brevets. Dès lors, nous avons considéré tous les brevets environnementaux enregistrés à la fois au Japon et en Chine, et appartenant à la même famille de brevet. Au total 4 459 familles de brevets environnementaux ont été identifiées, reflétant la diffusion de ces technologies vertes depuis le Japon vers la Chine. Le Graphique II.18 présente la répartition sectorielle de ces familles de brevets, et les résultats sont en adéquation avec ceux révélés par la première méthodologie.



D'une part, les technologies de réduction de la pollution atmosphérique dominent les transferts (près de 40% des familles de brevets enregistrés au Japon et en Chine), suivies par les technologies visant à réduire les déchets (près de 29% des familles de brevets). D'autre part, les technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables représentent 27% des transferts de technologies identifiés par les familles de brevets. Les Graphiques II.19 et II.20 expriment les familles de brevets respectivement en flux annuels et en stock (données cumulées exprimées en moyenne mobile sur trois ans et en indice base 1 en 1995). Les technologies d'exploitation de l'énergie solaire et éolienne dominent les transferts (ce résultat

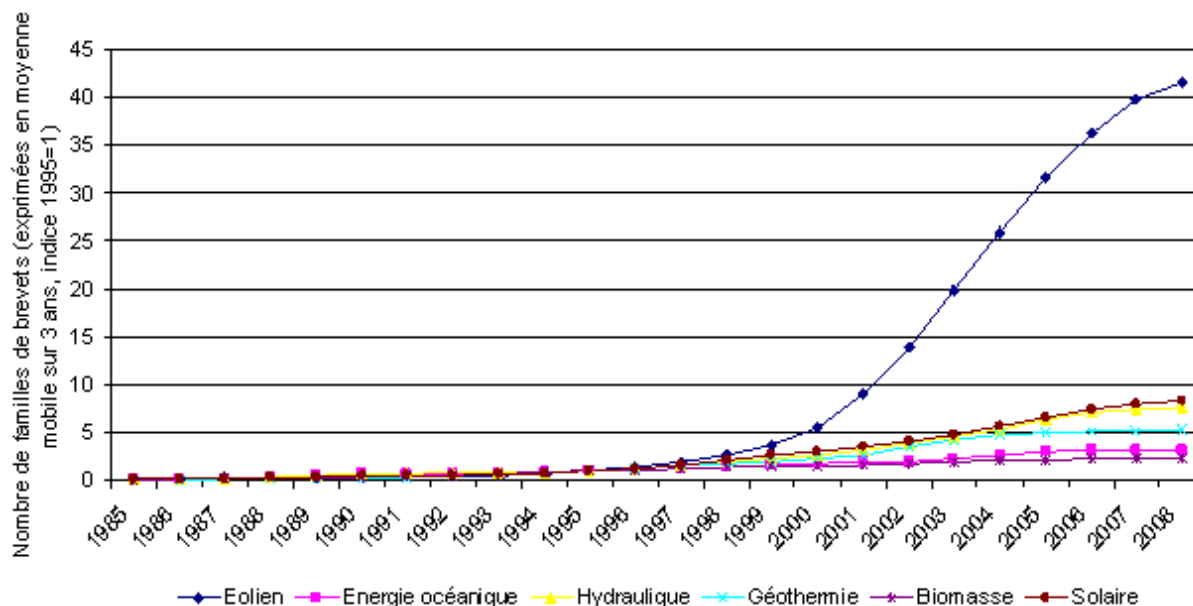
est en adéquation avec celui mis en évidence par la première méthodologie mobilisée), et la croissance des familles de brevets s'est intensifiée à partir de la fin des années 1990.

Graphique II.19. Flux de familles de brevets environnementaux relatifs aux technologies d'exploitation d'énergies renouvelables enregistrées au Japon et en Chine (1985-2008)



Source : Base PATSTAT

Graphique II.20 Stocks de familles de brevets environnementaux relatifs aux technologies d'exploitation d'énergies renouvelables enregistrées au Japon et en Chine (1985-2008)



Source : Base PATSTAT

De plus, l'analyse de l'évolution des types familles de brevets montre que les inventions relatives à l'exploitation de l'énergie éolienne connaissent le taux de croissance le plus élevé, le nombre de familles de brevets enregistrés en Chine et au Japon concernant l'exploitation de l'énergie éolienne ayant été multiplié par près de 42 entre 1995 et 2008.

Plusieurs déterminants des transferts interviennent dans l'explication de la densité de la diffusion technologique depuis le Japon vers la Chine :

- D'abord, il a été démontré précédemment par Dechezlepretre (2009) l'impact positif des restrictions sur les IDE sur les transferts. Dès lors, les législations concernant les IDE entrant en Chine affectent positivement la diffusion de technologies environnementales, les entreprises nippones installées sur son territoire étant fortement incitées à y transférer leurs technologies.
- Ensuite, l'analyse quantitative de Dechezlepretre (2009) a mis en avant l'effet positif de la population et du PIB/habitant du pays récipiendaire sur la diffusion technologique. Ce résultat peut alors être utilisé pour expliquer la densité des transferts depuis le Japon, sachant que l'effet « taille » du territoire chinois explique positivement les flux de technologies entrants.
- Enfin, la distance géographique et culturelle apparaît comme déterminant négativement les transferts. De ce fait, la proximité des économies chinoise et japonaise facilite les transferts de technologies et explique l'importance de la diffusion technologique entre les deux pays.

Au terme de cette section, l'utilisation des données disponibles dans la base PATSTAT a permis de quantifier les transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine.

D'une part, la première méthodologie mobilisée appréhende le processus de diffusion technologique par la quantification des inventions environnementales d'origine japonaise enregistrées par les autorités de brevetage chinoises. D'autre part, une seconde méthodologie utilisée complète ces résultats en déterminant les familles de brevets environnementaux japonais dont la protection a été étendue au territoire chinois. Les résultats sur la répartition par secteurs environnementaux des transferts fournis par ces deux méthodologies sont en

adéquation les uns par rapport aux autres, sachant que les brevets concernés par la première méthodologie le sont aussi par la seconde.

Il apparaît alors que les technologies transférées sur le territoire chinois ont principalement pour vocation de diminuer les pollutions atmosphériques et la production de déchets. Dans le domaine des technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables, les technologies solaires et éoliennes dominent les transferts, sachant que les équipements visant à l'exploitation de l'énergie éolienne connaissent la croissance la plus significative (Cf. Schéma II.4).

Schéma II.4. Propos d'étape de la Section 2 du Chapitre 2 – Analyses empiriques : les transferts de technologies environnementales appréhendés par les dépôts de brevets

Données sur les brevets pour appréhender la diffusion internationale de technologies environnementales

Base Patstat – Période 1985-2008

Méthodologie 1. Brevet environnemental dont l'inventeur est japonais et dont l'autorité d'enregistrement est chinoise

Densité des transferts

- 2363 brevets identifiés
- Accélération des innovations / du nombre d'inventions japonaises protégées en Chine depuis la fin des années 1990

Structure des transferts

Technologies de dépollution :

- 76% des brevets identifiés
- Les technologies de réduction de la pollution atmosphérique et des déchets dominent les transferts (respectivement 40% et 26% des brevets identifiés)

Technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables :

- 24% des brevets identifiés
- Les technologies solaires dominent cette catégorie (16% des brevets identifiés)
- Les transferts d'innovations liées aux énergies éolienne et géothermique sont les plus dynamiques

Méthodologie 2. Familles de brevets environnementaux : extension de la protection d'un brevet japonais au territoire chinois

Densité des transferts

- 4459 familles de brevets identifiées
- Accélération du nombre de familles de brevets environnementaux (enregistrés en Chine et au Japon) depuis la fin des années 1990

Structure des transferts

Technologies de dépollution :

- 73% des brevets identifiés
- Réduction de la pollution atmosphérique et des déchets (respectivement 40% et 29% des familles de brevets identifiées)

Technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables :

- 27% des familles de brevets identifiées
- Technologies solaires et éoliennes (respectivement 11% et 8% des familles identifiées)
- Les familles de brevets liées aux technologies d'exploitation de l'énergie éolienne sont les plus dynamiques

Facteurs incitant aux transferts

Pays exportateur de la technologie :

- Politique environnementale (Hašičič *et al.*, 2011)
- Capacités technologiques domestiques (MacDonald, 1992a ; Hu *et al.*, 2005)
- Accords multilatéraux d'environnement (Protocole de Kyoto) (Dechezlepretre, 2009)

Pays récipiendaire de la technologie :

- Politique environnementale (Dechezlepretre, 2009)
- Respect des droits de propriété intellectuelle (You *et al.*, 2005)
- Législation sur les IDE et exigences de diffusion technologique
- Capacités technologiques et intensité de R&D (Dechezlepretre, 2009)

CONCLUSION DE CHAPITRE

L'internationalisation des processus productif des firmes nippones et leur implantation sur le territoire chinois permet de diffuser des technologies environnementales innovantes. Deux résultats principaux ont été mis en évidence dans ce deuxième chapitre.

D'une part, les IDE entrant en Chine constituent un canal de diffusion de technologies novatrices dans leur ensemble. Les capacités technologiques chinoises et les montants croissants affectés aux activités de recherche et développement sont interprétés comme des facteurs facilitant l'acquisition des technologies vertes, permettant l'appropriation de ces technologies et leur adaptation aux besoins locaux. De plus, l'environnement institutionnel affecte le choix de localisation des firmes étrangères, et le renforcement du régime de droit de propriété intellectuelle sécurise l'environnement d'investissement. Les pouvoirs publics chinois ont instauré un ensemble de législations guidant l'implantation des IDE vers des zones géographiques précises, ceci afin de renforcer les effets d'agglomération. Ils fournissent également des incitations fiscales favorisant directement les firmes transférant des technologies, et en particulier des technologies environnementales.

D'autre part, les politiques environnementales dans les pays sources de l'innovation ainsi que les accords multilatéraux sur l'environnement favorisent les activités d'innovation mais aussi les processus de diffusion technologique. La rigidité des politiques environnementales au Japon peut, en outre, être interprétée comme incitant à l'innovation verte, sachant que le différentiel de régulation entre la Chine et le Japon favorise aussi la diffusion de ces technologies. L'analyse des données sur les brevets environnementaux disponibles dans la base PATSTAT (1985-2008) permet de déterminer l'ampleur des transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine : il existe bien une spécificité dans les relations Japon-Chine.

Le processus de diffusion découle de l'activité de brevetage de ces technologies vertes en Chine, les firmes nippones protégeant leurs inventions lorsqu'elles ont l'objectif de les produire ou de les commercialiser sur le territoire chinois. Les deux méthodologies de quantification des transferts mobilisées dans cette étude empirique mettent en évidence des résultats similaires : les technologies transférées visent principalement à diminuer les niveaux de pollutions atmosphériques, et dans une moindre mesure, à exploiter les énergies solaires et éoliennes. Cette répartition sectorielle des transferts valident l'argument de la nécessité d'un

pré-requis technologique dans le pays d'accueil pour susciter des transferts. Ces derniers s'effectuent dans les secteurs pour lesquels la Chine possède des capacités technologiques.

L'analyse des transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine peut encore être complétée par l'examen d'un troisième canal. Ainsi, le dernier chapitre de la thèse analyse un vecteur de nature hybride, supporté par le secteur privé mais dont l'encadrement institutionnel se situe au niveau international : l'UNFCCC. Les MDP, permettant une réduction des émissions de GES en Chine, sont également un vecteur de technologies vertes financé par les firmes nippones en Chine. Le troisième chapitre analysera de ce fait l'adéquation des projets MDP avec la stratégie climatique chinoise et proposera une méthodologie de quantification des transferts en différenciant la diffusion des parties tangibles et intangibles de la technologie (diffusion de connaissances *versus* équipements).

CHAPITRE 3

MECANISMES POUR UN DEVELOPPEMENT PROPRE ET TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES : LES PARTENARIATS SINO-JAPONAIS

« Il faut renforcer l'aménagement de la pollution de l'environnement et la construction écologique, prendre fermement en main la résolution des problèmes de pollution qui menacent sérieusement la santé et la sécurité du peuple afin de garantir leur existence et leur production dans un environnement avec un cercle écologique vertueux, et harmoniser le développement économique avec la population, les ressources et l'environnement. Il est important de renforcer la conscience du peuple entier quant à la protection de l'environnement et de former de bonnes mœurs pour protéger l'environnement dans la société toute entière. »

Extraits du discours du président HU Jintao sur la construction d'une société harmonieuse socialiste (19 février 2005).

Le mécanisme pour un développement propre – ou selon l'appellation anglo-saxonne le *Clean Development Mechanism* – est l'un des mécanismes de flexibilité⁹² du Protocole de Kyoto (1997) permettant d'intégrer les pays en développement dans le régime climatique. Ces derniers n'ont pas pris d'engagement contraignant de limitation des émissions de GES du fait des responsabilités historiques des pays industrialisés (enregistrés à l'Annexe B du Protocole de Kyoto) au phénomène de réchauffement climatique. Dès lors, ce mécanisme de flexibilité va permettre à un industriel d'un pays de l'Annexe B du Protocole de financer la mise en œuvre d'un « projet propre » dans un pays non-Annexe B, et de percevoir en contrepartie des crédits d'émissions utilisables, ou échangeables, sur le marché carbone (*Certified Emission Reduction* (CER)).

⁹² Les trois mécanismes de flexibilité du Protocole de Kyoto sont le marché des permis d'émissions, la mise en œuvre conjointe et le mécanisme pour un développement propre. Une description de ces mécanismes de flexibilité est présentée aux pages 226 et 227.

Le MDP est alors un outil de promotion des stratégies de développement durable, fournissant aux PED des ressources financières et technologiques additionnelles. Toutefois, au terme de la première période d'engagement du Protocole de Kyoto (1997) en 2012, l'évaluation empirique de l'efficacité du mécanisme s'est focalisée sur deux types de questionnements.

D'une part, bien que le MDP soit un mécanisme international régi par le régime climatique de Kyoto, son effectivité repose avant tout sur les capacités des autorités des pays récipiendaires à se l'approprier. Outre le fait de permettre aux pays industrialisés de satisfaire leurs engagements de réduction des émissions, le MDP est sensé constituer un véritable outil d'intégration des PED dans le régime de Kyoto, servant alors des objectifs d'atténuation avant tout nationaux. L'économie chinoise semble avoir bénéficié amplement de ce mécanisme : elle est la première destination mondiale des MDP. Les autorités nationales ont mis en place un ensemble d'incitations fiscales et d'exigences additionnelles à celles du Protocole pour orienter les MDP vers les secteurs désignés comme stratégiques. Toute la pertinence du MDP en termes de promotion de stratégies de développement durable repose sur cette adéquation entre leur répartition sectorielle et les secteurs désignés comme prioritaires par les autorités chinoises (développement des énergies renouvelables et amélioration de l'efficacité énergétique). D'autre part, les répercussions domestiques des MDP sont de trois ordres : limitation des émissions de GES des PED, promotion de l'utilisation de sources d'énergie renouvelables, mais aussi, diffusion de technologies environnementales vers les pays les moins développés. Bien que ce dernier objectif ne soit pas prioritaire dans le texte du Protocole, la mise en œuvre de projets MDP utilisant des technologies environnementales novatrices implique, de fait, un transfert de technologies vers le pays d'accueil. Dès lors, la question de la diffusion technologique reste posée : le MDP est-il un outil de déploiement des technologies protectrices de l'environnement ? Ou bien ce mécanisme permet-il simplement aux industriels des pays de l'Annexe B de satisfaire leurs engagements de réduction des émissions à bas coûts ?

L'objectif de ce chapitre est de répondre à ces deux questionnements, afin de qualifier et de quantifier les transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine dans le cadre du MDP. Dès lors, la **première section** de ce chapitre montrera que la répartition sectorielle des MDP en Chine s'articule avec la politique climatique chinoise, démontrant une prédisposition du mécanisme à la diffusion technologique. Ensuite, la **seconde section** procédera à une évaluation empirique des transferts de technologies vertes entre le Japon et la

Chine *via* le MDP. Cette quantification montrera que les transferts de technologies ne sont pas marginaux et concernent plus d'un quart des MDP. Ces résultats seront approfondis par une différenciation entre la nature de la technologie transférée (équipements *versus* connaissances) et l'identification des secteurs les plus favorables à un processus de diffusion technologique sur le territoire chinois. L'analyse empirique mettra alors en évidence que la diffusion de connaissances seules domine les transferts et que les projets enregistrés dans les catégories de l'énergie éolienne et de l'efficacité énergétique ont les effets marginaux les plus élevés sur la probabilité de diffusion technologique entre les deux pays.

SECTION 1. PROTOCOLE DE KYOTO ET INTEGRATION DES PAYS EN DEVELOPPEMENT DANS LE REGIME CLIMATIQUE : LA MISE EN ŒUVRE DU MECANISME POUR UN DEVELOPPEMENT PROPRE EN CHINE

Cette première section a un objectif double. Le premier temps a une vocation délibérément didactique sur la genèse du Protocole et montrera que le mécanisme pour un développement propre, mécanisme de flexibilité du Protocole de Kyoto, est un outil d'intégration des pays en développement dans le régime climatique, mais aussi un vecteur de technologies vertes vers ces derniers (1.1). Le second temps de cette section vise à souligner l'adéquation entre la stratégie climatique chinoise et la répartition sectorielle des projets entrants, les autorités se servant de ce mécanisme international pour satisfaire leurs objectifs de réduction des émissions de carbone et de développement des énergies propres (1.2).

1.1. Différenciation dans la lutte contre les changements climatiques et équité dans le partage de la charge environnementale : les enjeux du Mécanisme pour un Développement Propre

Les contributions différenciées entre les nations au phénomène de réchauffement climatique ont complexifié l'élaboration d'un cadre institutionnel international visant à créer un régime climatique efficient (1.1.1). Afin d'intégrer quantitativement les PED dans le régime climatique de Kyoto, le Protocole a instauré un mécanisme de flexibilité – le Mécanisme pour un Développement Propre, permettant aux pays de l'Annexe B de satisfaire leurs engagements de réduction des émissions dans les lieux les plus rentables économiquement (1.1.2). Ce mécanisme est alors le seul outil permettant d'intégrer véritablement les pays en développement, et particulièrement les pays émergents, à la lutte contre le réchauffement climatique.

1.1.1. Le régime de Kyoto pré-2012 et la stratégie climatique chinoise

La Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques, adoptée en 1992, est le premier accord international mettant en place un cadre global à l'effort intergouvernemental pour faire face aux défis posés par les changements climatiques. Les

forums de négociations et les différentes conférences des parties (COP)⁹³ au sein de la CCNUCC ont ainsi mis l'accent sur le déploiement des technologies protectrices de l'environnement pour lutter contre les changements climatiques et favoriser la mise en œuvre de mesures d'adaptation et d'atténuation [Thorne, 2008]. Dès lors, la troisième Conférence des Parties sur les changements climatiques, réunie à Kyoto au Japon en 1997, a conclu sur l'établissement du Protocole de Kyoto qui est devenu l'instrument le plus important de lutte contre les modifications climatiques – il est ratifié par 189 États en novembre 2009. Cet accord international entérine l'engagement pris par la plupart des pays industrialisés de réduire leurs émissions de certains GES⁹⁴, responsables du réchauffement climatique. L'essentiel de l'effort de réduction repose alors sur les pays industrialisés et les pays d'Europe de l'Est, enregistrés comme appartenant à l'Annexe 1 de la Convention – Annexe B du Protocole⁹⁵, et ceci malgré la part croissante des émissions de dioxyde de carbone des pays en développement et émergents. Les pays de l'Annexe B se sont engagés à des réductions quantifiées de leurs émissions de GES (en équivalent dioxyde de carbone) à l'horizon 2008-2012, de 5.5% en moyenne par rapport au niveau atteint en 1990. Les pays qui ne figurent pas dans cette Annexe, les PED, n'ont pas pris d'engagements chiffrés contraignants quant à la réduction de leurs émissions de GES, en vertu du principe de responsabilité communes mais différenciées (Schéma III.1)⁹⁶. Ce principe s'ajoute aux besoins spécifiques et à la situation spéciale des PED qui doivent être pris en compte dans la répartition des efforts à fournir en

⁹³ La CCNUCC s'appuie politiquement sur la COP, laquelle est définie par l'Article 7 de la Convention comme « *organe suprême de la présente Convention* », organe institutionnel et forum de négociations. La COP se réunit annuellement et a pour vocation de faciliter l'échange d'informations sur les mesures adoptées par les Parties, de veiller à l'application de la Convention, ainsi que de développer des amendements et Protocoles relatifs à la Convention.

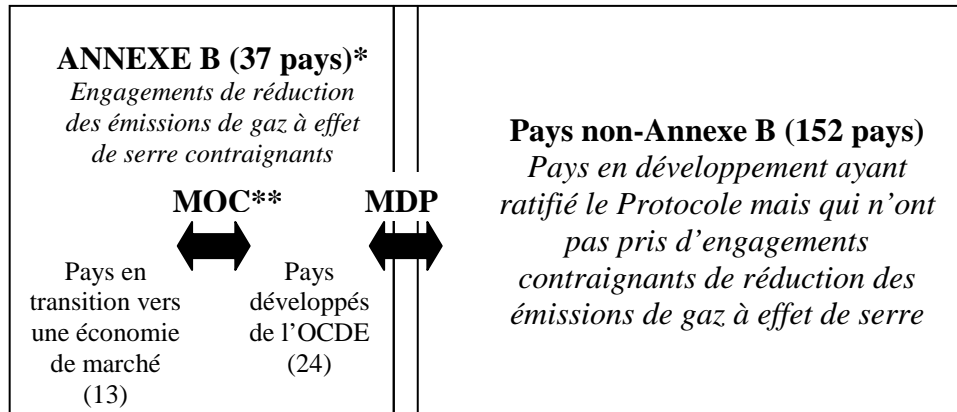
⁹⁴ Le Protocole s'attaque aux émissions de six GES responsables du changement climatique : le dioxyde de carbone, le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFCs), les hydrocarbures perfluorés (PFCs), ainsi que l'hexafluorure de soufre (SF₆).

⁹⁵ Les termes d'Annexe 1 et d'Annexe B sont employés indifféremment dans la littérature. Sont regroupés dans ces deux annexes la plupart des pays de l'OCDE. Le terme d'Annexe 1 désigne les pays de l'Annexe 1 de la CCNUCC, pays devant ramener leurs émissions de GES en l'an 2000 à leur niveau de 1990. Du même ordre, sont enregistrés à l'Annexe B du Protocole de Kyoto les pays dotés d'engagements chiffrés de réduction ou de limitation des émissions de GES. Chaque pays de cette Annexe dispose d'un quota d'émissions moyen pour la période 2008-2012, quota exprimé en pourcentage de ses émissions de 1990. Pour plus de détails, consulter le site de la CCNUCC <http://unfccc.int/parties_and_observers/parties/annex_i/items/2774.php>.

⁹⁶ Les pays non-Annexe I de la Convention Cadre des Nations-unies sur les Changements Climatiques – les 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'engagement contraignant s'appuie sur le principe de « *responsabilités communes mais différenciées* ». Ce principe est basé sur la responsabilité historique des pays industrialisés dans le réchauffement climatique : « *étant donnée 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].

vue de limiter le réchauffement climatique [Riedacker, 2003]. Cette partition dessine une géographie bipolaire dans la lutte contre la modification du climat, à l'origine de nombreuses critiques vis-à-vis de la mise en œuvre et de la pérennité du Protocole [Tsayem Demaze, 2009a].

Schéma III.1. Annexes au Protocole de Kyoto

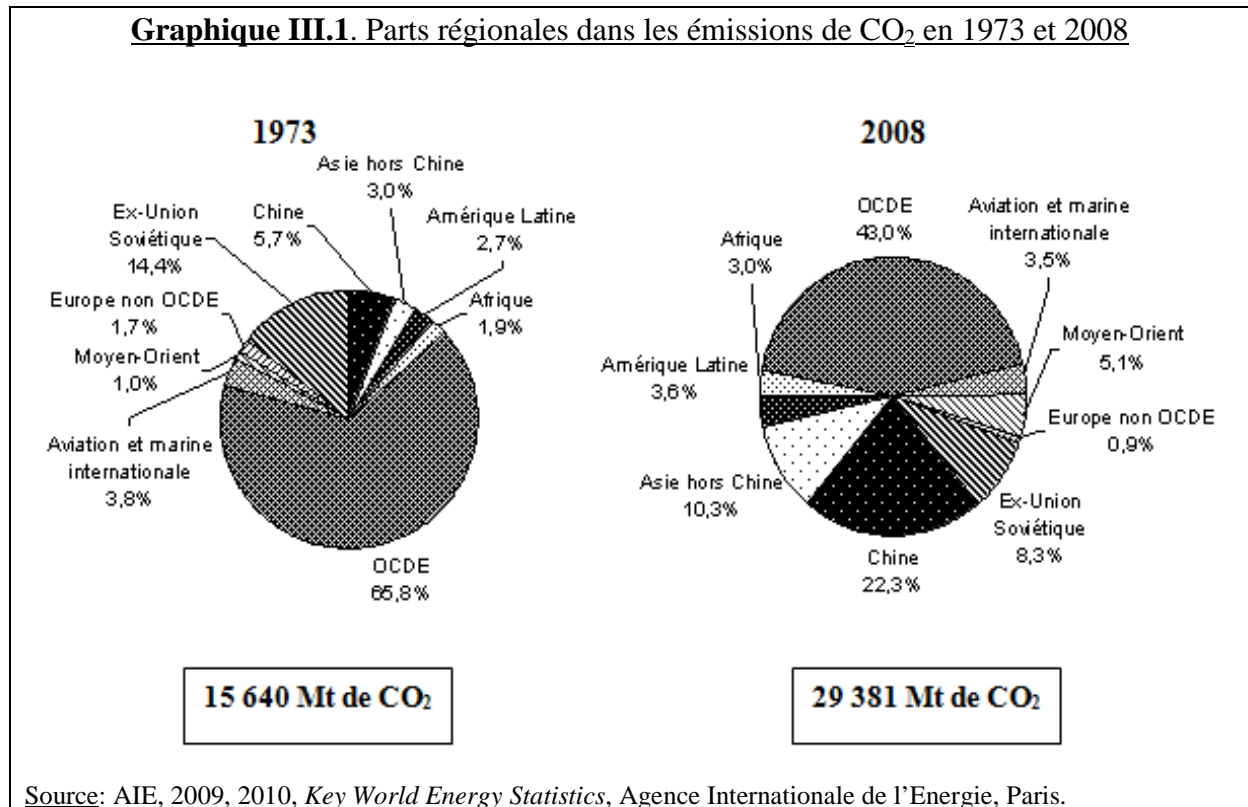


Notes : * Sont enregistrés dans l'Annexe B du Protocole de Kyoto 39 pays et zones régionales. Sont exclus de ce tableau la Communauté Européenne en tant qu'entité régionale ainsi que les Etats-Unis, lesquels ont signé le Protocole mais ne l'ont pas ratifié. Ce qui ramène le nombre de pays de l'Annexe B du Protocole de Kyoto à 37.

** MOC : Mise en œuvre conjointe, Cf. page 226.

La Chine a ratifié le Protocole de Kyoto le 30 août 2002 mais n'a pris aucun engagement contraignant de réduction des émissions de GES, bien que sa part dans les émissions mondiales de CO₂ soit passée de 5.7% en 1973 à plus de 22% en 2008 (Graphique III.1). Ainsi, à cette date, l'économie chinoise est la première émettrice mondiale de CO₂ devant les États-Unis, ses émissions atteignant 6 550 millions de tonnes de carbone contre 5 592 millions pour les États-Unis, lesquels contribuent à hauteur de 19% des émissions mondiales (Tableau III.1) [AIE, 2010]. Lorsque l'on prend en compte l'intensité carbonique de la croissance chinoise en parité de pouvoir d'achat (émissions de carbone rapportées au PIB PPA), sa position se situe au dessus de la moyenne mondiale, atteignant 0.6 kg de CO₂ par unité de PIB PPA. Toutefois, les revendications de Pékin dans le régime climatique demeurent centrées sur son statut de PED et, avant tout, sur le respect du principe de responsabilités communes mais différenciées ; les charges du réchauffement climatique incombant aux pays industrialisés. Ainsi, lorsque sont rapportées les émissions de carbone chinoises à sa population, l'indicateur tombe à 4.9 tonnes de CO₂ per capita, se situant bien en deçà de la moyenne de l'OCDE (10.6 tonnes de CO₂ par habitant) ou des États-Unis (18.4

tonnes de CO₂ par habitant) [AIE, 2010]. Le dynamisme de la croissance économique chinoise et son mode d'industrialisation énergivore font toutefois présager une forte croissance de ses émissions de GES dans les prochaines années (pour plus de détails consulter les simulations de croissance des émissions de carbone élaborées par le modèle POLES du laboratoire EDDEN⁹⁷ ainsi que les travaux de Criqui *et al.* (2012a)), sa part dans les émissions mondiales ayant déjà été multipliée par un coefficient de presque quatre en 35 années⁹⁸.



⁹⁷ Ce modèle représente les principaux mécanismes d'ajustement de l'offre, de la demande et des prix sur les marchés internationaux de l'énergie. Il permet de simuler les conséquences des politiques climatiques (taxes ou prix des quotas) sur les émissions de carbone et la consommation d'énergie. Pour plus de détails sur les scénarios du modèle POLES, voir Kitous *et al.* (2010) ainsi que Criqui *et al.* (2012b).

⁹⁸ Pour une précision des problématiques environnementales et énergétiques en Chine et des enjeux liées à sa participation au régime climatique de Kyoto, voir notamment Huchet *et al.*, 2008a.

Tableau III.1. Sélection d'indicateurs par pays et régions pour 2008

Pays/ Régions	Pop. (millions)	PIB (milliards US\$ 2000)	PIB PPA (milliards US\$ 2000)	Emissions de CO₂⁽¹⁾ (Mds tonnes de CO ₂)	Parts dans les émissions mond. (%)	CO₂ /PIB PPA (kg CO ₂ / US\$ 2000)	CO₂/ PIB (kg CO ₂ / US\$ 2000)	CO₂/ Pop. (t CO ₂ par hab.)
Chine	1325.64	2602.57	10803.84	6508.24	22.3%	0.60	2.50	4.91
USA	304.53	11742.29	11742.29	5595.92	19.1%	0.48	0.48	18.38
Inde	1139.97	825.77	4310.30	1427.64	4.9%	0.33	1.73	1.25
Brésil	191.97	853.82	1647.85	364.61	1.2%	0.22	0.43	1.90
Japon	127.69	5166.27	3597.63	1151.14	3.9%	0.32	0.22	9.02
OCDE	1190	30504	32868	12630	42.3%	0.38	0.41	10.61
Asie ⁽³⁾	2183	2417	8760	3023	10.3%	0.35	1.25	1.38
Monde	6688	40482	63866	29381 ⁽²⁾	100%	0.46	0.73	4.39

Notes : (1) Emissions de CO₂ issues de la combustion d'énergies fossiles.

(2) Les émissions de CO₂ pour le monde incluent celles issues de l'aviation internationale et du commerce maritime.

(3) Données pour l'Asie hors Chine.

Source : D'après les données fournies par l'AIE, 2010, *Key World Energy Statistics*, Agence Internationale de l'Energie, Paris.

Toutefois, dans un contexte de mobilité internationale des capitaux, les efforts de réduction des émissions des pays de l'Annexe B peuvent être relativisés étant donné que la croissance des coûts d'approvisionnement énergétique amène les entreprises à choisir de délocaliser leur production dans un pays sans contrainte environnementale, et donc où le prix de l'énergie est moins élevé. Le pays d'accueil augmente alors ses émissions de GES, compensant la baisse de celles-ci dans le pays du Nord [Meunié, 2004]. Cette remarque constitue l'un des arguments essentiels pour l'intégration des PED au sein du Protocole pour une seconde période d'exercice, une intégration quantitative basée sur la prise d'engagements contraignants de réductions des émissions.

Les autorités chinoises, quant à elles, réclament un changement des modalités d'inventaire des émissions de GES, sachant que 15% à 25% de ses émissions proviennent de secteurs dont les productions sont destinées à l'exportation vers les marchés des pays industrialisés. Cela reviendrait à enregistrer les émissions sur le compte des pays de destination des exportations, et non sur celui du pays producteur [Fouquart, 2009]. Le gouvernement chinois estime, en effet, que la réduction des émissions dans les pays industrialisés serait en grande partie due à la délocalisation des activités polluantes – « havres de pollution » [Monjon et al., 2007 ; Rieber et al., 2008] – et à la substitution des productions nationales polluantes par les importations. Les antagonismes entre les positions des pays industrialisés – américaine en particulier – et celles des pays émergents, expliquent le blocage

des négociations sur une suite à donner au Protocole et sur la répartition des efforts de réduction entre pays développés et PED. Les pays développés réclament alors que les pays émergents, et plus particulièrement la Chine, acceptent des objectifs d'atténuation quantifiés. Malgré le tournant environnemental pris par les politiques nationales chinoises avec l'adoption des XI^{ème} et XII^{ème} plans quinquennaux qui fixent des objectifs plus équilibrés entre environnement et développement économique et social [Trésor, 2010] ; les pays industrialisés plaident pour une réévaluation du statut de la Chine afin qu'elle soit intégrée au sein de l'Annexe B.

Après avoir rendu compte de son attachement à la lutte contre le réchauffement climatique (*Livre Blanc sur les politiques chinoises face au réchauffement climatique*⁹⁹, 2008 (Encadré III.1)), la Chine a réaffirmé son attachement à l'absence d'engagement de réduction contraignant et à une assistance technologique depuis les pays industrialisés. La stratégie de rattrapage suivie par le gouvernement chinois s'applique aussi bien au niveau de son développement économique et social que de ses émissions de GES : il n'envisage de se fixer d'éventuels objectifs de réduction astreignants qu'à partir du moment où la Chine aura atteint le niveau d'émissions par tête des pays de l'OCDE. Cette position justifie ses demandes en termes de transferts de technologies et de flux financiers additionnels depuis les pays industrialisés, lui permettant de faire face aux coûts prohibitifs d'une décarbonisation.

Encadré III.1. Livre Blanc sur les politiques chinoises face au réchauffement climatique (2008)

« La Chine fait progresser et participe activement au transfert de technologies dans le cadre de la Convention sur le changement climatique, et s'efforce de créer un environnement favorable au transfert international de technologies. Elle a pour cela soumis une liste de ses besoins technologiques. Selon la Chine, le transfert de technologies dans le cadre de la Convention sur le changement climatique ne doit pas dépendre uniquement du marché, les gouvernements des pays développés doivent réduire et supprimer les obstacles au transfert de technologies, adopter des politiques et des mesures directives et encourageantes, et jouer leur rôle au cours de la promotion du transfert de technologies ; les pays membres de la communauté internationale doivent conjuguer leurs efforts pour entreprendre des percées importantes dans la recherche et l'exploitation des technologies clés servant à combattre le changement climatique, qui seront au service de l'ensemble de la planète. »

Source : Information Office of the State Council of the People's Republic of China (2008b), *Livre Blanc sur les politiques chinoises face au réchauffement climatique*, Section IV. La politique et l'action visant à ralentir le changement climatique, disponible à l'adresse <http://french.china.org.cn/china/txt/2008-10/29/content_16683870.htm>.

⁹⁹ Disponible sur le site China Internet Information Center consulté le 12/03/2012 à l'adresse <http://french.china.org.cn/china/txt/2008-10/29/content_16683870.htm>

Le Programme National Chinois concernant le Changement Climatique – *China National Climate Change Program* [NDRC, 2007] – énumère les mesures et politiques volontaires prises par les pouvoirs publics, ainsi que la création d’agences gouvernementales de recherche et de veille dans le champ de l’environnement. Sous couvert du principe de responsabilités communes mais différenciées, la Chine explicite le lien entre émissions de GES et élévation du niveau de développement, sachant que les tendances de l’histoire du développement ont démontré la corrélation positive entre les émissions de carbone, la consommation d’énergie per capita et le niveau de croissance économique. Les technologies vertes et les innovations environnementales apparaissent dès lors comme la condition *sine qua none* pour que l’économie chinoise puisse atteindre ses objectifs en termes de réduction de l’intensité énergétique, de développement de l’utilisation de sources d’énergie renouvelables dans l’offre énergétique, et de réduction des émissions de GES. Les engagements chinois visent à :

i. Contrôler les émissions de GES par le biais d’une transformation de la croissance économique intégrant des technologies vertes, d’une supervision étatique de la conservation de l’énergie et de l’instauration de mécanismes de marché incitant aux économies d’énergies et à la modification des comportements des agents. Par la mise en place de cet ensemble de mesures, la Chine voulait atteindre la cible de 20% de réduction de la consommation énergétique par unité de PIB d’ici 2010 et ainsi réduire ses émissions de CO₂

ii. Optimiser la structure de la consommation énergétique du pays par le biais du développement des énergies renouvelables et de la promotion de la construction d’usines nucléaires. L’objectif est d’augmenter la proportion d’énergies renouvelables dans l’offre d’énergie primaire de 10% d’ici 2020

iii. Améliorer l’utilisation des ressources et renforcer le contrôle des émissions d’oxydes nitreux par les processus industriels, lesquelles devaient rester stables d’ici 2010 par rapport au niveau de 2005. Cet ensemble de mesures s’accompagne d’engagements chinois en faveur de la reforestation, de la protection de l’environnement et de l’intensification des activités de recherche et développement dans le champ des technologies vertes [NDRC, 2007].

Ces engagements sont repris et explicités dans le rapport gouvernemental de 2008, relatif aux actions et politiques chinoises pour lutter contre le changement climatique –

*China's Policies and Actions for Addressing Climate Change*¹⁰⁰ ; lequel souligne l'importance du transfert de technologies environnementales depuis les pays industrialisés et de l'effort de coopération internationale dans le domaine de la recherche et développement [Information Office of the State Council of the People's Republic of China, 2008a]. Trois priorités se dégagent *in fine* des engagements chinois au sein de la CCNUCC : préserver la croissance économique, préserver les ressources et l'environnement, et enfin garantir la sécurité énergétique – développer l'utilisation de sources d'énergie renouvelables.

La position chinoise dans la négociation climatique demeure défensive, revendiquant son statut de PED et son appartenance au Groupe des 77 (G77)¹⁰¹ ; refusant ainsi catégoriquement tout engagement contraignant de réduction des émissions [Niquet, 2009 ; Nguyen *et al.*, 2010]. Le pays s'est toutefois assigné, dans le cadre de l'Accord de Copenhague (COP15, 2009), un ensemble de mesures d'atténuation volontaires afin de rendre compte internationalement des efforts domestiques relatifs au climat sur son territoire – *Nationally Appropriate Mitigation Actions* (NAMAs). Ces dernières renvoient à une réduction de 40% à 45% de l'intensité carbonique de son PIB d'ici à 2020 par rapport au niveau de 2005. Cet objectif devrait être atteint grâce à l'augmentation de la part des combustibles non fossiles dans la consommation d'énergie primaire à environ 15%, à l'augmentation du couvert forestier de 40 millions d'hectares et du volume des stocks de forêts de 1.3 milliards de mètres cubes d'ici à 2020 [Barreau *et al.*, 2009 ; PNUD, 2010].

En dernier lieu, c'est grâce aux mécanismes internationaux de coopération – dans les domaines technologiques et financiers – que les PED, et en particulier la Chine, peuvent être associés de manière efficace au régime climatique. Ces flux technologiques et financiers fournissent alors des ressources additionnelles permettant à l'économie chinoise de poursuivre ses politiques d'atténuation sans entraver sa croissance économique. Toutefois, l'expiration de

¹⁰⁰ Dans ce rapport de 2008, les pouvoirs publics chinois soulignent l'importance du transfert et du développement de technologies vertes pour lutter contre les changements climatiques : « *La Chine promeut activement les transferts de technologies dans le cadre de la CCNUCC, travaille dur pour créer un environnement favorable pour le transfert international de technologies et a soumis une liste de ses besoins technologiques. La Chine estime que le transfert de technologies dans le cadre de la CCNUCC ne doit pas reposer seulement sur des mécanismes de marché. La [solution] (key) est que les gouvernements des pays développés devraient s'efforcer de réduire et d'éliminer les obstacles aux transferts de technologies, et d'adopter des politiques et mesures incitatives et directives, jouant ainsi un rôle efficace dans la promotion du transfert de technologies. Pour les technologies clés qui sont encore dans [des étapes de] recherche et développement, il est nécessaire de tirer profit des efforts de la communauté internationale et de ne pas perdre de temps à faire des percées [technologiques], et de s'assurer que ces technologies soient partagées par tous les pays du monde* » [Information Office of the State Council of the People's Republic of China, 2008a, p.49].

¹⁰¹ Coalition de pays en développement aux Nations-unies qui vise à promouvoir les intérêts de ses membres dans les négociations internationales. L'organisation compte en 2009 130 pays. Pour plus d'informations consulter <<http://www.g77.org/>>

la première période d'engagement du Protocole (fin 2012) et les antagonismes entre les positions américaines et chinoises dans la négociation ont ébranlé le régime climatique de Kyoto, l'avenir de ce dernier étant incertain. A défaut d'une coopération internationale réitérée pour une seconde période d'engagement, l'effort de réduction semble désormais reposer sur les stratégies climatiques domestiques et les engagements d'atténuation volontaires (NAMAs).

1.1.2. Le Mécanisme pour un Développement Propre : intégration des pays en développement et flexibilisation des engagements contraignants

Pour pallier la bipolarité dans la lutte contre les changements climatiques et assouplir les engagements contraignants des pays industrialisés, le Protocole de Kyoto a introduit trois mécanismes de flexibilité. Ces mécanismes permettent aux pays de l'Annexe B de réaliser des réductions d'émissions de GES dans les lieux où elles sont économiquement les plus rentables, liant étroitement réductions des émissions de GES, marché des permis d'émissions et rôle des PED dans la lutte contre le réchauffement climatique [Kleiche, 2006].

i. Le **marché des permis d'émissions** est fondé sur le principe de pollueur-payeur : les pays doivent payer des droits en contrepartie des émissions afin de compenser la différence entre le coût privé et le coût social et ainsi internaliser les externalités négatives des activités industrielles [Journi, 2003]. Les pays de l'Annexe B s'étant vu attribuer une quantité d'émissions exprimée en équivalent carbone à ne pas dépasser, ils peuvent alors échanger ces quotas sur un marché carbone. La mise en place du marché carbone a conduit à l'établissement d'un prix unique de la tonne de carbone au niveau mondial.

ii. **La mise en œuvre conjointe**, prévue par l'article 6 du Protocole : « *toute Partie visée à l'annexe I peut céder à toute autre Partie ayant le même statut, ou acquérir auprès d'elle, des unités de réduction des émissions découlant de projets visant à réduire les émissions anthropiques par les sources ou à renforcer les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre dans tout secteur de l'économie* » (Nations-unies, 1998, p.7). Ainsi, un pays de l'Annexe B peut financer un projet permettant de réduire les émissions de GES dans un autre pays industrialisé et recevoir en contrepartie des crédits sous forme d'unités de réduction des émissions (URE) qui seront ajoutés au quota du pays investisseur et

déduits du quota du pays hôte. Dans ce cadre, les pays d'accueil sont essentiellement des pays d'Europe de l'est en transition vers une économie de marché.

iii. Le **MDP**, défini par l'article 12 du Protocole (Encadré III.2), permet aux pays dotés d'engagements contraignants de réduction des émissions de GES de dépasser leurs quotas d'émissions ; dans la mesure où ces derniers financeraient des projets propres dans les PED. Ainsi, un industriel appartenant à un pays de l'Annexe B pourra financer des projets visant à réduire les émissions dans un pays non-Annexe B et obtenir en contrepartie des crédits carbone utilisables ou échangeables sur le marché carbone.

Encadré III.2. Mécanisme pour un Développement Propre – Protocole de Kyoto – Article 12.2

« L'objet du mécanisme pour un développement « propre » est d'aider les Parties ne figurant pas à l'annexe I [B] à parvenir à un développement durable ainsi qu'à contribuer à l'objectif ultime de la Convention, et d'aider les Parties visées à l'annexe I [B] à remplir leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction de leurs émissions prévus à l'article 3 ».

Source : Nations-unies, 1998, *Protocole de Kyoto*, Article 12.

Ce mécanisme est le seul outil – avec les NAMAs – qui permet d'intégrer véritablement les pays en développement à la lutte contre le réchauffement climatique, leur fournissant des ressources et des technologies additionnelles. L'objectif du mécanisme est alors double : d'une part, il flexibilise les engagements de réduction des pays de l'Annexe B en leur permettant de réaliser des abaissements d'émissions à moindres coûts dans des PED où le potentiel de réduction est significatif. D'autre part, ce mécanisme est un outil de promotion des stratégies de développement durable, fournissant aux PED les ressources technologiques, financières et scientifiques au service de leurs objectifs climatiques nationaux. Les responsabilités différenciées des pays dans le processus de réchauffement climatique est à l'origine de cette dimension bipolaire des engagements dans le cadre du régime climatique de Kyoto, et le MDP serait un nouvel outil de coopération Nord-Sud dans le domaine environnemental [Tsayem Demaze, 2009b].

Le MDP est un mécanisme particulièrement intéressant car il présente un triple avantage. Premièrement, en termes économiques, il génère une réduction des émissions aux coûts les plus faibles dans les lieux les plus rentables économiquement : les PED présentant un potentiel de réduction des émissions à un coût marginal inférieur [Vieillefosse, 2006]. La mise en œuvre et la viabilité de ce mécanisme sont supportées par le secteur privé, considéré comme le mieux à même de trouver les opportunités de réduction aux coûts les plus faibles ;

en alliant un ensemble de caractéristiques institutionnelles et économiques dans les choix de localisation. Deuxièmement, en termes environnementaux, ce mécanisme permet d'associer les PED et les pays émergents à la lutte contre le réchauffement climatique par le biais du financement de projets propres et/ou faiblement émetteurs de carbone (réduction des émissions de GES, amélioration de l'efficacité énergétique, système de récupération et de traitement des matières polluantes, utilisation de sources d'énergie renouvelables). Troisièmement, en matière de développement, ce mécanisme devrait favoriser les transferts de technologies Nord-Sud et les capacités d'absorptions domestiques, tout en s'inscrivant dans la promotion d'une stratégie globale de développement durable [UNEP, 2000 ; Lussis, 2002 ; Joumni, 2003 ; Borde *et al.*, 2007 ; Flamos, 2010 ; Flamos *et al.*, 2010].

La question de l'additionnalité des projets est centrale à l'acceptation et à l'efficacité du mécanisme, son appréciation étant essentielle dans le processus de validation des MDP par le Conseil Exécutif de la CCNUCC. Ce concept d'additionnalité comporte alors trois dimensions.

i. En premier lieu, un projet doit posséder une additionnalité environnementale indispensable à sa mise en œuvre. Les émissions de GES comptabilisées dans le cadre du périmètre du projet doivent être inférieures à ce qui se serait passé en son absence : émissions comptabilisées dans le cadre d'un scénario *business-as-usual*. Cette double comptabilisation des émissions – et l'anticipation de celles du projet – est centrale à l'acceptation du mécanisme et à la délivrance des crédits d'émissions [Boulanger *et al.*, 2004]. Toutefois, la définition de ce scénario de référence et la quantification de l'additionnalité environnementale soulèvent de nombreuses difficultés [Wanko *et al.*, 2001 ; Boulanger *et al.*, 2005]. La réduction effective des émissions par rapport à ce qui se serait passé en l'absence du projet – scénario de référence – est très délicate à évaluer, sachant que cet obstacle est souvent cité par les investisseurs pour justifier leurs réticences à mettre en œuvre des projets MDP. Le biais majeur réside dans la définition du scénario de référence dans une approche trop laxiste, à partir du niveau d'émissions des techniques de production les plus utilisées dans les PED, souvent énergivores et fortement polluantes [Godard *et al.*, 1998]. Cette situation risquerait d'entraîner la réalisation de MDP peu ambitieux avec des gains effectifs minimales ; sachant

que cette surestimation des émissions dans le cadre du scénario de référence pourrait conduire à créditer des réductions d'émissions fictives et à renforcer le phénomène de l'air chaud¹⁰².

ii. En deuxième lieu, un projet doit posséder une additionnalité d'investissement, signifiant que la mise en œuvre du projet doit donner lieu à un investissement additionnel à ce qui se serait passé en l'absence du projet [Banque Mondiale, 2004]. Cette additionnalité d'investissement permet alors de témoigner de l'additionnalité environnementale du MDP, cet investissement supplémentaire permettant de diminuer les émissions de GES [Boulanger *et al.*, 2004]. Ce principe implique que les flux économiques liés au MDP ne doivent pas se substituer à tout autre flux en direction des PED, et en particulier à l'aide publique au développement [Organisation Internationale de la Francophonie, 2005].

iii. En dernier lieu, les experts de l'UNFCCC et des pays d'accueil des MDP considèrent l'additionnalité technologique du projet afin d'évaluer ses effets bénéfiques. Cette additionnalité technologique signifie que l'attribution de crédits d'émissions doit financer l'emploi d'une technologie qui n'aurait pas été mise en œuvre sans l'implantation du projet MDP [Meunié *et al.*, 2007 ; Meunié, 2009]. Le transfert de technologies vertes vers les PED demeure alors un enjeu important dans l'effectivité du mécanisme, ces pays pouvant bénéficier de la diffusion de technologies de dépollution ou permettant l'utilisation de sources d'énergie renouvelables (turbines éoliennes, formation des personnels locaux, technologies de stockage du carbone), non déployées dans les PED du fait de faibles ressources en capital ou de protections coûteuses (brevets et licences).

Au-delà de ces principes de fonctionnement initiaux, il est nécessaire de s'interroger sur la gouvernance du mécanisme. Bien qu'étant un dispositif international, les États possèdent une marge de manœuvre importante sur les MDP entrants : ils ont la liberté d'évaluer les différents aspects additionnels du projet, mais aussi son adéquation avec les objectifs domestiques en termes de développement durable. Les États ont ainsi l'autonomie de l'élaboration de leur politique climatique et doivent dans ce cadre mettre en place une autorité nationale désignée (AND) qui peut imposer des critères supplémentaires à l'accueil de projets

¹⁰² « Ce terme fait référence au fait qu'en raison principalement de leur récession industrielle dans les années 90, certains pays de l'Annexe B ont reçu à Kyoto des quotas d'émissions qui sont supérieurs au montant total des émissions qu'ils réaliseront en ne prenant aucune mesure de réduction domestique. Ce surplus de quotas (l'air chaud) pourra éventuellement être vendu à d'autres pays via les mécanismes de flexibilité. La crainte exprimée par certains est bien que ces pays puissent inonder le marché des permis d'émissions qu'ils ont en excès et que d'autres, pour des raisons de coûts, préféreront acheter au lieu d'accomplir des efforts réels de réduction des émissions » [Brodhag, 2001, p.3].

propres sur son territoire. Outre l'additionnalité, sont aussi examinés les aspects environnementaux globaux du projet (protection de l'environnement local), sociaux (impacts sur l'emploi, les groupes à bas revenus, sur l'intégration sectorielle et régionale du projet), économiques (balance des paiements, efficacité-coût du projet, maximisation des effets positifs sur le pays d'accueil) ainsi que technologiques (contribution à la remontée en gamme technologique du pays, innovation et capacité d'appropriation des technologies importées) [Lacour *et al.*, 2010 ; 2012b].

Pour conclure, le MDP apparaît comme outil pertinent d'intégration des PED dans le régime climatique, leur fournissant des ressources additionnelles pour réduire les émissions de GES et améliorer l'efficacité énergétique des industries.

Il est toutefois intéressant de s'interroger sur la répartition géographique des projets MDP, car bien qu'ayant un fondement environnemental, le mécanisme est supporté par le secteur privé et est matérialisé par un flux d'IDE, les déterminants de leur localisation possèdent par conséquent une nature économique.

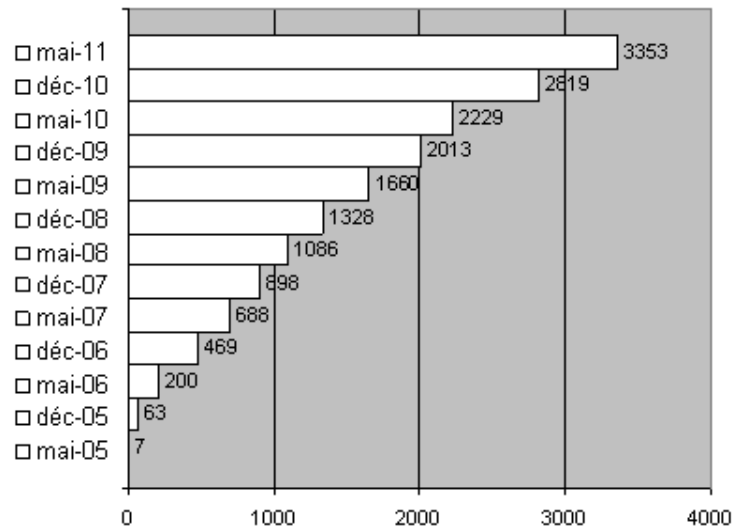
1.2. La Chine et les Mécanismes pour un Développement Propre : effet d'aubaine ou orientation stratégique ?

L'analyse de la répartition sectorielle et géographique des MDP révèle une focalisation des projets sur le secteur énergétique et sur les grands pays émergents, en particulier la Chine. Cette concentration sectorielle contribue au verdissement de la croissance économique chinoise (déclin de l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois, voir Chapitre 1), les MDP lui fournissant des ressources et technologies additionnelles visant à exploiter des sources d'énergie renouvelables et améliorer l'efficacité énergétique des processus productifs et de la génération d'énergie (1.2.1). Les législations chinoises concernant les MDP révèlent alors une volonté politique de tirer avantage de ce mécanisme, le gouvernement chinois étant pleinement conscient des potentialités offertes par les MDP en termes environnementaux mais également économiques (1.2.2). Les politiques chinoises relatives aux MDP semblent être comparables à celles qui ont été mises en place pour attirer les investissements étrangers : ouverture sur le reste du monde sous conditionnalité [Lemoine, 1996 ; Boissin *et al.*, 2000 ; Hay *et al.*, 2005].

1.2.1. Une polarisation des projets sur la zone asiatique caractérisée par des enjeux climatiques différenciés

Au-delà des défis de construction d'un cadre institutionnel au mécanisme et des incertitudes liées au devenir du régime climatique après sa première période d'engagement, l'engouement pour le MDP semble réel même si sa mise en œuvre concrète est caractérisée par des disparités marquées entre pays et grandes régions en développement. Entrés en vigueur en 2005, les MDP, mécanismes de flexibilité du Protocole de Kyoto, connaissent une croissance continue depuis leur instauration, le nombre de projets MDP enregistrés¹⁰³ depuis mai 2005 s'élevant à 3 353 en mai 2011 (Graphique III.2).

¹⁰³ Différents statuts existent pour un projet MDP, correspondant à la phase d'enregistrement par le Conseil Exécutif des Nations-unies à laquelle il se trouve. Ainsi, un projet peut être dans une étape d'examen (*review requested, under review*), en attente de corrections demandées, en attente d'enregistrement, enregistré ou encore rejeté. Dans un souci de simplification, ce chapitre ne prendra en compte quantitativement que les projets validés et enregistrés auprès du Conseil Exécutif des Nations unies, lesquels sont catégorisés sous l'appellation *registered project*. Si tel n'est pas le cas, le statut d'enregistrement du projet sera précisé.

Graphique III.2. Projets MDP enregistrés (répertoriés par date d'enregistrement)

Source : D'après les données du site internet de l'UNFCCC disponible à l'adresse <<http://cdm.unfccc.int>>

Plus précisément, il apparaît que le secteur énergétique est prédominant lorsque l'on analyse la répartition sectorielle des projets – 65% des projets enregistrés par l'UNFCCC en septembre 2011. Au sein de la catégorie des énergies renouvelables, d'après le CDM *pipeline* de septembre 2011 élaboré par l'*UNEP Risoe Center*, 47% de ces projets concernent l'énergie hydraulique, 34% l'énergie éolienne, 17% l'énergie biomasse et seulement 2% des projets sollicitent l'exploitation de l'énergie solaire. Ces quatre secteurs des énergies renouvelables sont aussi ceux qui génèrent le plus de réduction des émissions, représentant à eux quatre 40% des CER annuels et plus de 31% de ceux qui devraient être émis d'ici 2012 (Tableau III.2). Cette focalisation des projets sur le secteur énergétique est à mettre en lien avec la distribution géographique des projets, lesquels sont centrés sur les pays émergents et en particulier sur la Chine et l'Inde. La Chine est le premier récipiendaire mondial de projets MDP, faisant de la zone Asie-Pacifique la première région d'accueil des MDP (la Chine accueille plus de 57% des projets entrant dans la région, représentant près de 70% des crédits d'émissions qui y seront émis d'ici 2012– Graphique III.3). Les zones en fort développement captent ainsi la majeure partie des MDP et l'Afrique apparaît comme la grande oubliée du mécanisme, du fait des faibles perspectives de croissance économique ainsi que du manque de structures institutionnelles et techniques d'appui aux projets [Lacour *et al.*, 2011].

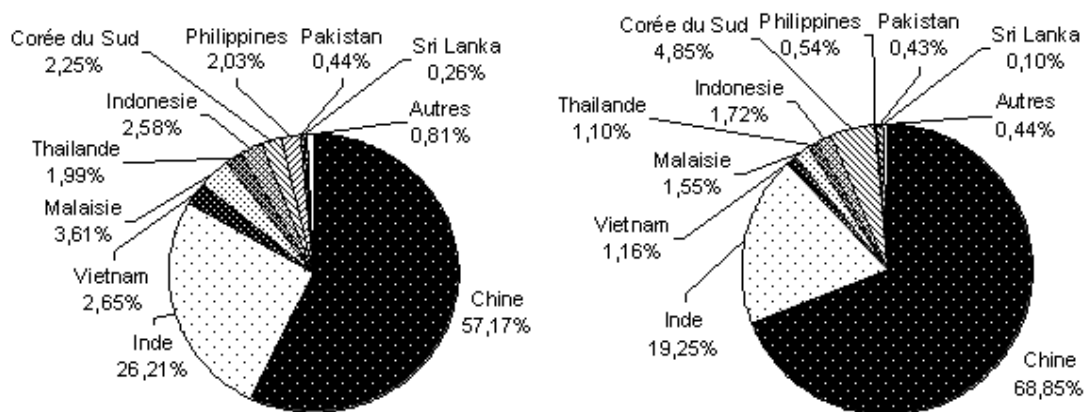
Tableau III.2. MDP enregistrés classés par activités (au 1^{er} septembre 2011)

Projets MDP enregistrés au 1 ^{er} septembre 2011			
Type	Nombre	CERs/an (000)	2012 CERs (000)
-Energies renouvelables	2188	201916	650951
<i>Dont :</i>			
Hydraulique	1026	102431	309956
Eolien	736	74023	225198
Biomasse	382	24072	112673
Solaire	43	1075	2021
Energie marémotrice	1	315	1104
-Afforestation / reforestation	29	1210	11320
-Efficacité énergétique dans la génération ⁽¹⁾	185	30701	127889
-Substitution des combustibles fossiles	65	32278	125761
-Evitement du méthane	391	14639	70327
-Récupération des gaz d'enfouissement	203	33304	163798
-Réduction des émissions de N ₂ O	65	48265	247258
-Equipements de décomposition des HFCs	22	81712	476479
-Récupération de méthane houiller, équipements <i>Coke Dry Quenching</i>	49	24803	84685
-Décomposition des PFCs et SF6	14	4939	11568
-Efficacité énergétique dans l'industrie	63	1814	9840
-Autres	121	33640	109649
Total	3395	509221	2089525

Notes : ⁽¹⁾ La catégorie de projets « *EE own generation* » renvoie à une amélioration de l'efficacité énergétique dans la génération d'énergie, où l'électricité est produite à partir de gaz résiduels ou d'énergie gaspillée (UNEP Risoe Center, <<http://cdmpipeline.org/cdm-projects-type.htm>>)

Source : D'après UNEP, 2011a, *CDM Pipeline 2011*, Risoe Center, Septembre (<http://cdmpipeline.org>)

Graphique III.3. Projets MDP par pays asiatiques / Volume des CER émis d'ici 2012 par pays asiatique (en % du total en Asie)



Source : D'après UNEP, 2011a, *CDM Pipeline 2011*, Risoe Center, Septembre, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org>>

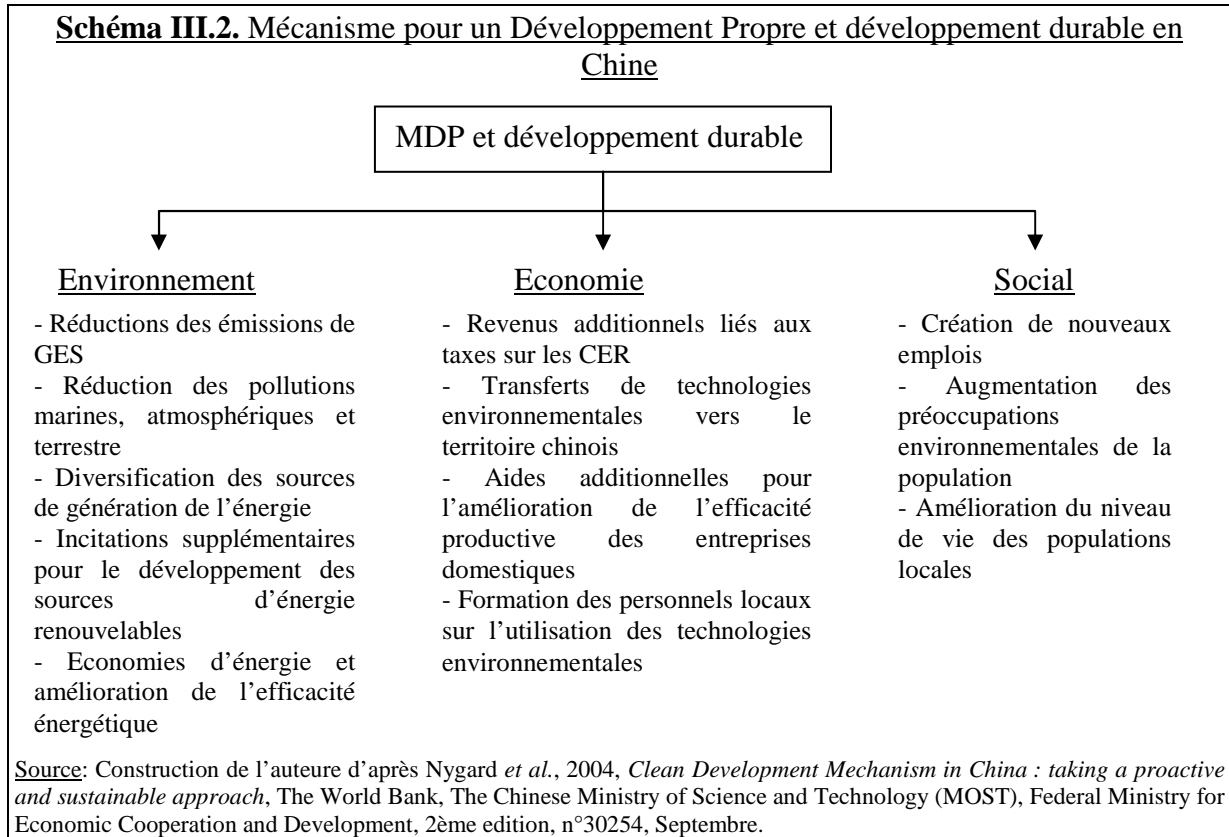
Les projets MDP sont donc polarisés sur les zones en fort développement – la Chine, l’Inde et le Brésil accueillent respectivement 45.7%, 20.9% et 5.7% des projets enregistrés jusqu’au 1^{er} septembre 2011. Bien que le MDP ait un fondement environnemental, il est intéressant de faire un parallèle avec la répartition géographique des flux d’IDE dirigés vers les pays en développement, étant donné que le financement d’un projet MDP prend la forme d’un IDE et aurait tendance à être influencé par les mêmes facteurs [Winkelman *et al.*, 2011]. Ainsi, ces trois pays ont accueilli en 2010 près de 14% des flux mondiaux d’IDE entrants (3.89% pour le Brésil, 8.50% pour la Chine et 2.14% pour l’Inde)¹⁰⁴. Les investissements dans le cadre du MDP (montants des investissements dans les projets enregistrés, cumulés sur la période 2005-2011) représentent quant à eux 13.9% du stock d’IDE présent sur le territoire chinois en 2010, cette part ne s’élevant qu’à 9.0% dans le cas de l’Inde et seulement 0.3% pour le Brésil¹⁰⁵. Les travaux qui se sont focalisés sur les déterminants de l’attractivité d’un pays relativement aux projets MDP ont fait un parallèle avec les déterminants traditionnels des flux d’IDE : le PIB, le taux de croissance du PIB ainsi que la qualité des infrastructures locales [Haïtes *et al.*, 2006 ; Dechezlepretre *et al.*, 2009b ; Winkelman *et al.*, 2011]. Dès lors, la robustesse du système institutionnel des MDP –établissement d’un AND et ratification du Protocole de Kyoto [Zhang, 2006], le climat général d’investissement, le niveau de capital humain ou encore les potentiels de réduction des émissions sont autant de facteurs qui expliquent la polarisation des projets MDP sur les zones en fort développement économique [Jung, 2006 ; Oleschak *et al.*, 2007].

La place de la Chine comme leader dans l’accueil de projets MDP s’explique avant tout par la taille de son marché intérieur, son taux de croissance économique, les opportunités de réduction des émissions à moindres coûts sur son territoire ainsi que le cadre institutionnel qui régule le mécanisme. Car au-delà de sa dimension environnementale, l’efficacité du mécanisme est basée sur le secteur privé. A titre d’exemple, les projets permettant de produire d’une manière plus efficace un produit tel que l’électricité sont aussi guidés par les perspectives de marché [Winkelman *et al.*, 2011]. De plus, l’attention particulière portée par le gouvernement chinois sur ce mécanisme a conduit à l’instauration de politiques incitatives favorisant le secteur énergétique et les transferts de technologies y afférant [Szymanski, 2002 ; Lacour *et al.*, 2012a]. Les bénéfices dérivés du MDP pour la société chinoise sont multiples et

¹⁰⁴ D’après la base de données UnctadStat de la CNUCED, disponible à l’adresse <http://unctadstat.unctad.org/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_referer=&sCS_ChosenLang=fr>

¹⁰⁵ Les données sur les investissements dans le cadre du MDP sont tirées d’UNEP, 2011a, *CDM Pipeline 2011*, Risoe Center, Septembre, disponible à l’adresse <<http://cdmpipeline.org>>.

leur instauration conduit à des externalités positives simultanément dans les trois sphères du développement durable, comme cela est explicité dans le Schéma III.2 [Nygard *et al.*, 2004 ; Quoilin, 2008 ; Doukas *et al.*, 2009].



Ces disparités nationales quant à l'attraction de projets MDP peuvent être expliquées par un ensemble de facteurs économiques d'attractivité mais aussi par les différences nationales dans la qualité des AND. Ainsi, dans les pays les moins développés, ces dernières ne peuvent fournir un appui technique et méthodologique approprié à l'élaboration des fiches techniques des projets et à la comptabilisation des émissions. Les différences de tailles des projets expliquent aussi ces différences en termes d'attractivité, les projets de grande taille connaissant les coûts de transaction liés à la comptabilisation des CER les plus bas [Enttrans, 2007]. L'attractivité de certains pays comme la Chine et l'Inde s'expliquera avant tout par leur environnement économique, la solidité de leurs infrastructures et des régulations encadrant le mécanisme, mais aussi par leur capacité à diminuer le risque lié à l'investissement.

La polarisation des MDP en Asie-Pacifique s'explique également par le rôle moteur du Japon, seul pays de la zone appartenant à l'Annexe B du Protocole de Kyoto. Le Japon est le troisième investisseur mondial dans le cadre du MDP, ses firmes étant à l'origine de 11.18% des projets enregistrés (derrière le Royaume-Uni et l'Irlande du Nord (29.62%) et la Suisse (20.22%)). Les entreprises japonaises montent des projets MDP prioritairement en Chine – 56% des MDP financés par des firmes nippones sont installés sur le territoire chinois. L'analyse de la répartition géographique des investisseurs sur le territoire chinois met alors en évidence un parallèle avec ses principaux partenaires économiques (Cf. Introduction Générale) : le Japon est le quatrième investisseur sur le territoire chinois dans le cadre de projets MDP (derrière le Royaume-Uni, la Suisse et les Pays-Bas) et ce pays est le troisième investisseur en Chine lorsque l'on considère la totalité des IDE entrants¹⁰⁶ (4.6% des IDE entrants en 2009) [National Bureau of Statistics of China, 2010].

En conclusion, le MDP, mécanisme de flexibilité du Protocole de Kyoto, avait pour vocation initiale d'être un mécanisme avantageux pour les deux parties. Appelé lors de la Conférence de Kyoto le « *win-win mechanism* », après six années d'existence, il apparaît que sa pertinence en termes d'intégration des PED dans la lutte contre le changement climatique montre des limites. L'inégalité de la répartition géographique des projets et leur polarisation sur les grands émergents suscitent l'une des principales critiques adressées au mécanisme. Bien que favorisant des coopérations Nord-Sud ayant vocation à assouplir les engagements des pays industrialisés en termes de réduction des émissions, le dispositif reste marginal pour la majorité des PED.

La Chine apparaît comme la grande gagnante du mécanisme, attirant la majorité des projets. La question des capacités de transfert et d'absorption des technologies reste posée, ainsi que celle de l'adéquation des projets avec les stratégies climatiques nationales.

¹⁰⁶ Le Japon est le troisième investisseur en Chine dans le cadre des flux d'IDE entrants sur le territoire ; derrière Hong-Kong (51.2%) et les Iles Vierges (12.5% des IDE entrants en 2009). Toutefois, les rôles de ces deux pays investisseurs ne peuvent être pris en compte dans l'analyse : d'une part, les investissements depuis Hong Kong bénéficient d'avantages fiscaux divers, et ce territoire ne joue de fait qu'un rôle de plate forme d'investissement. D'autre part, les Iles vierges étant identifiées comme paradis fiscal, il est difficile de déterminer les pays d'origine des investissements en Chine depuis ces zones. Dès lors, si ces deux territoires sont exclus de l'analyse, le Japon est le premier investisseur sur le territoire chinois en 2009, devant Singapour et la République de Corée.

L'effectivité du mécanisme repose alors sur l'instauration de régulations nationales permettant d'orienter les projets vers les secteurs stratégiques, comme cela a été fait par la Chine pour les industries énergétiques.

1.2.2. Articulations MDP et stratégie climatique chinoise : l'acquisition technologique au cœur des exigences domestiques

Un MDP, pour être enregistré auprès de l'*Executive Board* des Nations-unies, doit être validé par une commission nationale – AND – qui doit approuver préalablement le projet en fonction de ses impacts environnementaux et de son additionnalité. Ainsi, chaque AND peut intégrer des critères contraignants supplémentaires à la législation internationale des MDP. Pékin considère ce mécanisme de flexibilité du Protocole comme bénéfique pour la croissance et le développement économique de son territoire, sachant que ce mécanisme de flexibilité permettrait de favoriser l'entrée d'investissements étrangers dotés d'un contenu technologique et environnemental, supérieur aux IDE traditionnels. De ce fait, les modalités du processus d'évaluation chinois démontrent ses exigences domestiques en termes de développement économique et social. Sont en effet examinées : premièrement, la contribution du projet au développement économique, par le biais de la création d'emplois et des transferts de technologies induits par la mise en œuvre du projet. Deuxièmement, les bénéfices environnementaux en termes de réduction des émissions de GES et de diminution de la pollution plus localisée ; et troisièmement, l'échelle de l'investissement et les liens entre les investisseurs et les entreprises domestiques [Szymanski, 2002]. Dans ce cadre, les MDP, créés originellement pour promouvoir et faciliter les investissements des projets de réduction des émissions de GES, fourniraient également des opportunités commerciales et stimuleraient la croissance économique du pays hôte.

L'attractivité de la Chine comme territoire d'accueil des projets MDP s'explique avant tout par son environnement économique, mais aussi par les régulations et institutions qui dirigent le mécanisme [Teng *et al.*, 2010]. Le gouvernement chinois a publié en 2004 un ensemble de règles qui encadrent les MDP « *Measures for Operation and Management of Clean Development Mechanism Project* »¹⁰⁷ et qui orientent les projets en fonction des cibles

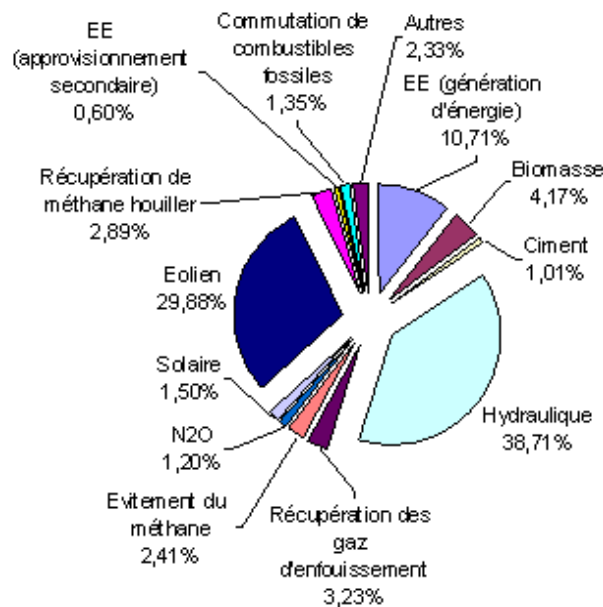
¹⁰⁷ Disponible sur le site internet du mécanisme pour un développement propre en Chine à l'adresse <<http://cdm.ccchina.gov.cn/english/NewsInfo.asp?NewsId=905>>

climatiques et énergétiques du pays. Les priorités du pays pour l'implantation des projets, définies par l'Article 4, se concentrent sur l'amélioration de l'efficacité énergétique, le développement et l'utilisation de sources d'énergie renouvelables ainsi que la récupération et l'utilisation du méthane [Shuang, 2005 ; Maoshang et *al.*, 2006 ; Enttrans, 2007]. L'adéquation entre les MDP et les cibles climatiques nationales a, de plus, été guidée par l'instauration d'un système de taxation sur les CER émis, en fonction du type de projet implanté. Ainsi, les projets visant à exploiter des sources d'énergie renouvelables, les MDP d'afforestation ou encore de capture du méthane, connaissent des taux d'imposition de seulement 2% ; ces secteurs correspondant aux priorités climatiques et énergétiques du pays. A l'inverse, les CER issus de projets de réduction des émissions d'oxyde nitreux sont taxés à hauteur de 30%, ce taux d'imposition pouvant atteindre 65% pour les projets visant à réduire les HFC et les PFC [*National Coordination Committee on Climate Change (NCCCC)*, 2005, Article 24]. Les bénéfices tirés de ces taxes alimenteront un fonds spécial destiné à soutenir le développement de l'utilisation de sources d'énergie renouvelables sur le territoire chinois [Guerivière, 2008]. Ce système de taxation vise alors à contrebalancer les gains issus de projets de réduction de polluants à faibles coûts – comme les HFC, les PFC ou encore le N₂O – afin d'orienter les investisseurs vers des projets soutenables à plus long terme. Du même ordre, le gouvernement exempte de droits de douanes et de taxe sur la valeur ajoutée les équipements environnementaux avancés n'ayant pas de substituts domestiques afin d'encourager les importations de technologies environnementales innovantes dans le cadre du MDP [Wang, 2010].

Le cas chinois révèle alors une adéquation dirigée par l'État entre les grandes priorités énergétiques du pays et la répartition sectorielle des projets entrants (Graphique III.4). Plus précisément, 58% des émissions chinoises de dioxyde de carbone sont issus du secteur énergétique en 2010 (Graphique III.5), ce secteur étant devenu le premier émetteur de carbone, devant l'industrie, à partir du milieu des années 1990. Dès lors, la priorité est donnée au développement des énergies renouvelables, ces projets représentant 74.3% des projets MDP implantés sur le territoire chinois au 1^{er} septembre 2011. La majorité des MDP chinois concerne l'énergie hydraulique – 39% des projets – et l'énergie éolienne – 30% – étant données les caractéristiques hydriques et l'exposition des territoires. Soulignons de plus que les projets d'amélioration de l'efficacité énergétique concernent plus de 10% des MDP implantés en Chine, le gouvernement chinois étant conscient de l'obsolescence des technologies de production et d'utilisation de l'énergie sur son territoire [Meunié 2004 ; 2009]. Les autorités voient alors dans les MDP un moyen de doper les transferts de

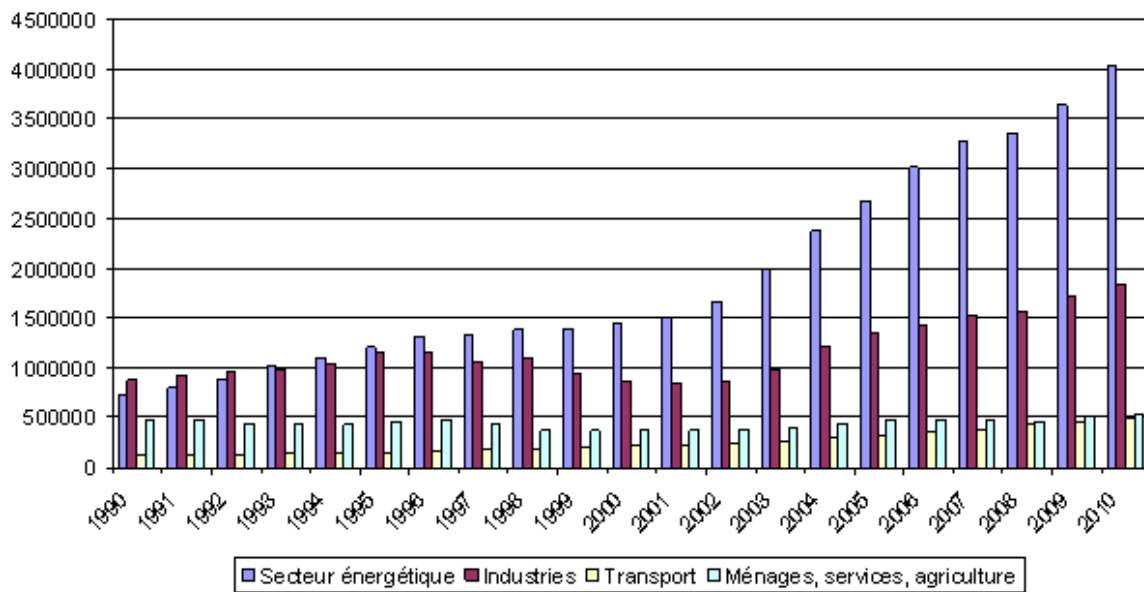
technologies de réduction des émissions ou de dépollution [Schroeder, 2009 ; Wang, 2010]. Ce vecteur de technologies vertes permettrait *in fine* de combler l'écart entre la Chine et les pays développés en termes de technologies d'exploitation de l'énergie, d'offre et de transformation, de transmission et de distribution ainsi que de production industrielle. En effet, l'efficacité énergétique de la Chine est de 10% inférieure à celle des pays développés alors que sa consommation énergétique par unité de produits intensifs en énergie est de 40% supérieure [NDRC, 2007].

Graphique III.4. Projets MDP en Chine, par activités (en stock en septembre 2011)



Note : Sont pris en compte dans ce graphique tous les projets déposés auprès du Conseil Exécutif des Nations-unies pour être localisés sur le territoire chinois, à l'exception des projets rejetés.

Source : D'après UNEP, 2011c, *CDM project distribution within host countries by region and type*, UNEP Risoe Center, Juillet, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org/publications/CDMStatesAndProvinces.xls>>

Graphique III.5. Emissions de CO₂ en Chine par secteurs (en milliers de tonnes de CO₂)

Source : D'après la base Enerdata, disponible à l'adresse <<http://services.enerdata.net>>

Bien qu'une corrélation semble effective entre la répartition géographique des projets MDP et les principaux bénéficiaires mondiaux de flux d'IDE, cette polarisation ne semble pas reproduite à l'intérieur du territoire chinois (Cf. Partie 2.2.1 p. 257 pour une description de la répartition géographique des projets MDP en Chine). Les flux entrant sur le territoire chinois dans le cadre du mécanisme de flexibilité du Protocole de Kyoto représentent 13.9% du stock d'IDE présent sur le territoire en 2010, mais à l'intérieur du pays les MDP ne sont pas dirigés vers les zones économiques spéciales chinoises qui drainent la plupart des IDE (Cf. Chapitre 2). A un niveau infranational, la localisation de projets MDP semblent davantage déterminée par la présence de ressources naturelles – potentiel hydrique et éolien – afin d'exploiter des sources d'énergie renouvelables [Teng *et al.*, 2010].

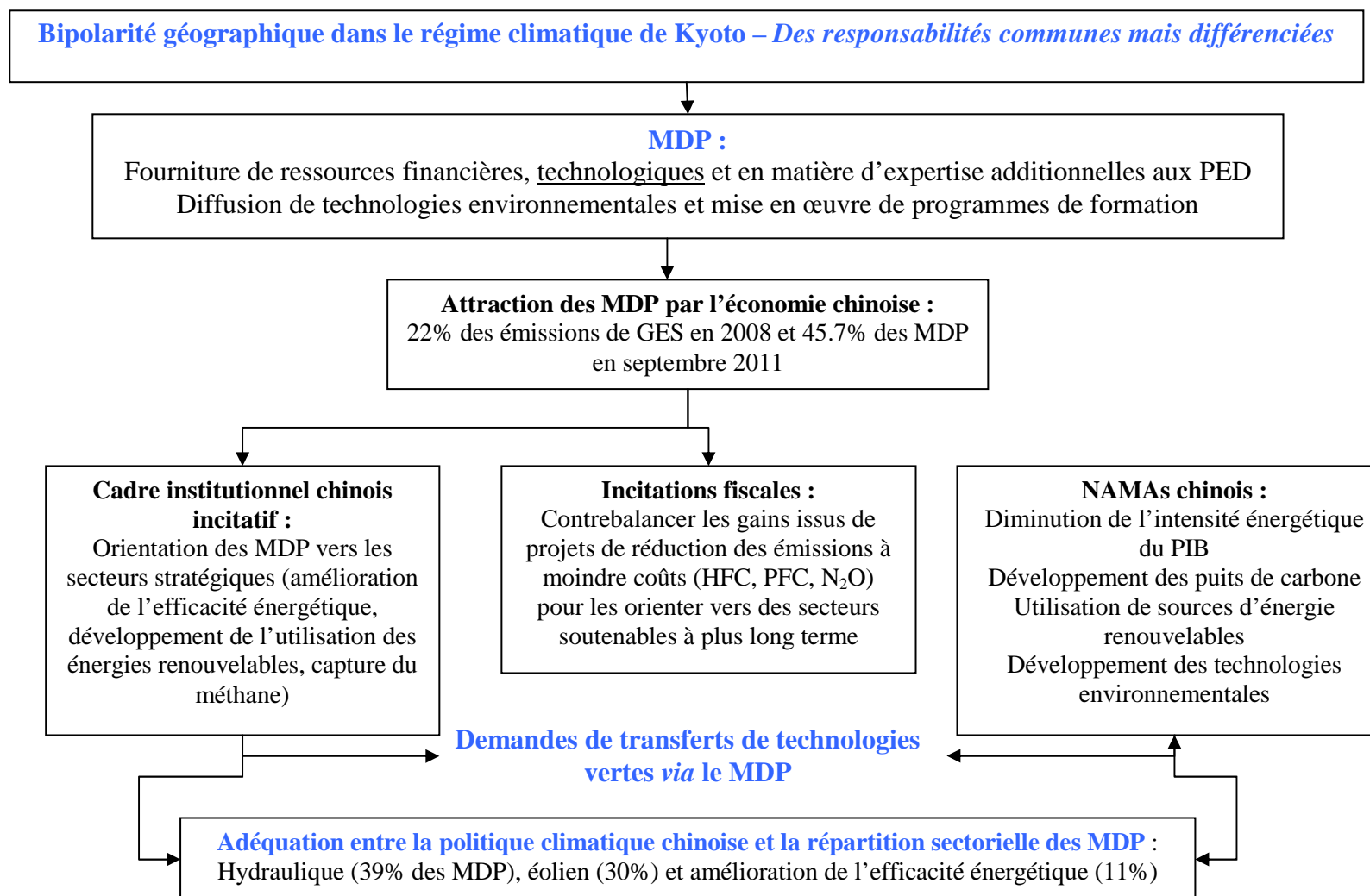
En dernier lieu, l'attractivité du territoire chinois s'explique aussi par une base technologique préalable existant sur le territoire. Les technologies utilisées pour les petites centrales hydroélectriques ainsi que les réseaux éoliens de petite et grande échelle sont dans une étape de commercialisation en Chine, expliquant l'attractivité de ces projets pour les investisseurs. A l'inverse, les technologies de gazéification de la biomasse ou de production d'énergie à partir de déchets organiques urbains ne sont développées qu'au niveau de prototypes, expliquant la faiblesse des MDP dans ces domaines sur le territoire chinois [OCDE, 2009a]. Dès lors, les projets MDP visant à utiliser ces technologies dans la génération d'énergie, ne peuvent s'appuyer sur des bases technologiques solides dans ces

catégories de projets, les investisseurs devant transférer des technologies et mettre en place des programmes de formation des personnels locaux sur le territoire chinois.

Au terme de cette section, il apparaît que le MDP est un outil d'intégration des PED dans le régime climatique, favorisant la diffusion de technologies et de pratiques leur permettant de suivre un sentier de croissance verte. L'économie chinoise semble avoir bien tiré avantage du mécanisme, ce territoire étant la première destination des MDP, parallèlement aux flux d'IDE vers les pays en développement. Dès lors, l'effectivité du mécanisme repose sur l'adéquation entre la répartition sectorielle des projets entrants et la stratégie climatique chinoise. Les autorités chinoises ont ainsi mis en œuvre des incitations fiscales et des exigences additionnelles domestiques afin de favoriser les MDP exploitant des sources d'énergie renouvelables, ceci dans le but d'acquérir des financements additionnels, des flux technologiques et de savoir-faire au service de ses cibles climatiques nationales (Cf. Schéma III.3).

La seconde section de ce chapitre procède alors à une évaluation empirique des transferts de technologies vertes, ayant pour objectif d'analyser la relation entre MDP et transferts de technologies dans les cas des projets japonais installés sur le sol chinois.

Schéma III.3. Propos d'étape de la Section 1 du Chapitre 3 – Protocole de Kyoto et intégration des PED dans le régime climatique : la mise en œuvre du Mécanisme pour un Développement Propre



SECTION 2. MECANISMES POUR UN DEVELOPPEMENT PROPRE ET TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES : L'IMPORTANCE DES PARTENARIATS SINO-JAPONAIS

Les MDP apparaissent comme vecteurs de technologies vers les pays les moins développés, leur fournissant des ressources et technologies additionnelles liées à la protection de l'environnement. Dès lors, cette seconde section montrera dans un premier temps les relations entre transferts de technologies et MDP, à travers une analyse des prescriptions du régime climatique de Kyoto et des principales études quantitatives relatives à cette problématique (2.1). Dans un second temps, l'analyse empirique viendra valider la propriété de diffusion technologique du MDP, se concentrant sur les transferts de technologies depuis le Japon vers la Chine. Une différenciation dans la nature des technologies transférées montrera que l'économie chinoise bénéficie de flux concomitants de connaissances et d'équipements, et que les activités de dépollution et d'utilisation de sources d'énergie renouvelables sont les plus susceptibles d'entraîner de la diffusion technologique (2.2).

2.1. Transferts de technologies et Mécanismes pour un Développement Propre

Le MDP, dont la vocation première est d'améliorer l'efficacité économique et environnementale du Protocole de Kyoto, permet aussi la diffusion de technologies vertes vers les économies les moins développées. La mise en œuvre de projets de dépollution, d'exploitation de sources d'énergie renouvelables ou encore d'amélioration de l'efficacité énergétique nécessite l'utilisation de technologies novatrices, qui ne sont pas nécessairement disponibles sur le territoire d'accueil des projets du fait des faibles ressources en capital ou de l'existence de brevets (2.1.1). Après avoir précisé les relations entre MDP et transferts de technologies, le deuxième temps de cette sous-section présente les principales études empiriques qui ont quantifié les transferts de technologies vertes supportés par la mise en œuvre de projets MDP. Ces analyses montrent alors que le MDP est un outil de coopération environnementale entre le Nord et le Sud efficient dans sa vocation de vecteur de technologies vers les PED (2.1.2).

2.1.1. *Transferts de technologies et Mécanismes pour un Développement Propre : quelles relations ?*

L'atténuation et l'adaptation sont les deux approches retenues par l'UNFCCC pour faire face à l'augmentation globale des émissions de GES et gérer le phénomène de réchauffement climatique. Les technologies vertes – *environmentally sound technologies* – apparaissent essentielles dans l'effectivité de ces politiques, et les MDP seraient un vecteur approprié pour leur transfert vers les économies les moins développées. Ainsi, le concept d'atténuation décrit les politiques ou technologies permettant de réduire les émissions de GES et/ou de renforcer les puits de carbone¹⁰⁸. Le GIEC définit l'atténuation – *mitigation* – comme « *les changements et substitutions technologiques qui réduisent l'utilisation d'inputs et les émissions par unité d'output* » [GIEC, 2007, p.84]. Dès lors, l'atténuation diminue l'ampleur du changement climatique grâce à une modification des techniques de production vers des méthodes dotées d'une meilleure efficacité productive et énergétique. Le concept d'atténuation implique alors une intégration des technologies protectrices de l'environnement ou des technologies de dépollution dans les processus productifs. D'une part, les mesures d'atténuation à faibles coûts recouvrent l'utilisation accrue des énergies renouvelables, l'amélioration de l'efficacité énergétique, la réduction du déboisement et de la dégradation des sols, ainsi que l'amélioration de la gestion des terres et des forêts [OMC et PNUE, 2009]. D'autre part, les mesures d'atténuation à coût négatif regroupent des mesures favorisant l'efficacité énergétique et les économies d'énergie, permettant aux firmes de diminuer leurs coûts de production dans le cas où le coût de l'énergie économisée serait supérieur à la différence de coûts entre les choix économiques énergétiques et ceux qui le sont moins.

En outre, le développement et la diffusion de technologies vertes offrent un potentiel environnemental significatif pour les PED, mais aussi des opportunités économiques. Plus précisément, l'utilisation d'énergies renouvelables permet, d'une part, de réduire les émissions de matières polluantes, et d'autre part, de favoriser la sécurité énergétique¹⁰⁹ des nations [Lamy, 2006]. Dans la plupart des cas, l'utilisation de ces technologies induit le

¹⁰⁸ Le terme de puits de carbone - ou selon la terminologie anglo-saxonne *carbone sink* - regroupe les processus, activités ou mécanismes naturels ou artificiels qui permettent d'absorber une partie du CO₂ contenu dans l'atmosphère, tels que les arbres, les plantes ou encore les océans.

¹⁰⁹ L'Agence Internationale de l'Énergie décrit la notion de sécurité énergétique comme « *la disponibilité physique et continue [de l'énergie] à un prix abordable, tout en respectant les préoccupations environnementales* ». Cette définition est disponible sur le site internet de l'AIE à l'adresse <http://www.iea.org/subjectqueries/keyresult.asp?KEYWORD_ID=4103>

remplacement des énergies fossiles dans la production d'énergie. Outre le fait de favoriser la sécurité énergétique des PED vers lesquels sont transférées ces technologies propres, leur déploiement permettrait aussi sur le long terme de réduire les coûts d'approvisionnement et de favoriser leur compétitivité [AIE, 2005b]. Leur utilisation n'aurait donc pas simplement un but environnemental motivé par des réductions d'émissions, mais surtout une perspective économique de gains de parts de marché dans ce créneau. Cette double dimension des débouchés des technologies vertes explique la pertinence du MDP comme outil de transferts, ce mécanisme étant supporté par le secteur privé et ainsi guidé par des motivations économiques et environnementales.

Les technologies protectrices de l'environnement sont alors perçues comme l'une des réponses premières aux défis posés par les changements climatiques. La diffusion de ces technologies vertes vers les PED est un enjeu important des programmes de négociations pré- et post- 2012 de l'UNFCCC, mais aussi des autres organisations et sommets internationaux (OMC¹¹⁰, OCDE¹¹¹). Ainsi, leur diffusion permet d'intégrer les PED à la lutte contre les changements climatiques, sachant que beaucoup d'entre eux ne disposent pas de suffisamment de ressources financières et humaines pour prendre en charge les programmes de recherche et développement. Au sommet de Gleneagle en juin 2005, les pays du G8 ont ouvert un dialogue avec les nations émergentes (Chine, Inde, Brésil, Mexique et Afrique du Sud) concernant les problématiques liées aux changements climatiques et au développement durable. Le débat s'est focalisé sur six thèmes : les énergies alternatives, l'efficacité énergétique dans la construction, le transport et l'industrie, la substitution des combustibles fossiles, la capture et le stockage du carbone, les sources d'énergie renouvelables ainsi que le renforcement de la coopération internationale dans ces domaines [AIE, 2005a]. Cette consultation met l'accent sur les technologies propres comme réponse première aux changements climatiques, afin de transformer l'utilisation de l'énergie et d'encourager les partenariats et la coopération entre les Etats dans les domaines de la recherche et développement, de la commercialisation et de la diffusion de ces technologies vers les nations émergentes et en développement [Justus *et al.*, 2005].

¹¹⁰ Le programme de Doha pour le développement, sous l'égide de l'Organisation Mondiale du Commerce, a conduit à l'établissement d'un groupe de travail « Commerce et transfert de technologie », disponible à l'adresse <http://www.wto.org/french/tratop_f/devel_f/dev_wkgrp_trade_transfer_technology_f.htm>

¹¹¹ L'OCDE a formé un groupe de travail traitant des problématiques de transferts de technologies vertes dans la division « Politique de l'environnement et innovation technologique », disponible à l'adresse <www.oecd.org/env/cpe/entreprises/innovation>

La question des transferts de technologies est intégrée aux textes de la Convention et du Protocole (Encadré III.3), requérant des Parties une coopération dans le développement, l'utilisation et la diffusion des technologies vertes. Bien que le MDP n'ait pas pour vocation prioritaire le transfert de technologies environnementales, il a comme objectif général de contribuer au développement économique et social des PED et à la poursuite d'une stratégie de développement durable. Ainsi, la mise en œuvre d'un projet propre dans un PED qui ne disposerait pas des technologies nécessaires à son fonctionnement, implique de fait un transfert de technologies [Dechezlepretre *et al.*, 2007 ; UNFCCC, 2010]. De plus, le MDP permet de renforcer les capacités technologiques domestiques des PED, en créant des interactions avec les firmes des pays industrialisés et des coopérations internationales dans le développement des technologies environnementales [GIEC, 2000]¹¹².

En dernier lieu, avant d'analyser empiriquement les transferts de technologies vertes dans le cadre de projets MDP, il est nécessaire de faire un point sur ce qui est entendu par le transfert de technologies vertes (Cf. Encadré 0.2 page 20 dans l'Introduction Générale). D'après la définition du GIEC, le processus de diffusion technologique englobe une dynamique de transmission d'équipements, d'innovations mais aussi de savoir-faire et de connaissances [GIEC, 2000]. Dès lors, peuvent être transférées dans le cadre du MDP des technologies – biens d'équipement – visant à exploiter les ressources naturelles de manière soutenable, dépolluer ou encore améliorer l'efficacité énergétique des industries et des processus de génération d'énergie. La dynamique de transferts de connaissances peut être ou non concomitante à cette phase de transmission d'éléments *hardware*, les investisseurs dans le cadre du MDP pouvant mettre en place des programmes de formation pour l'utilisation d'une technologie propre disponible localement ou non. Cette dynamique de transmission de connaissances – composante *software* de la technologie – est la plus répandue dans le cadre de programmes MDP étant donné que les développeurs des projets mettent fréquemment en place des programmes de formation des personnels locaux pour améliorer l'opérationnalité de leurs installations.

¹¹² Afin de faciliter et d'appuyer le processus de diffusion technologique, la Commission a créé un groupe d'experts sur les transferts de technologies –*Expert Group on Technology Transfer*– ainsi qu'un centre d'information technologique géré par le Secrétariat de la Convention – *Technology Information Clearing House*. Des informations sur ces deux organismes sont accessibles sur internet respectivement aux adresses <http://unfccc.int/essential_background/convention/convention_bodies/constituted_bodies/items/2581.php> et <<http://unfccc.int/ttclear/jsp/index.jsp>>

Encadré III.3. Régime climatique international et transferts de technologies

Protocole de Kyoto, article 10, alinéa c : Les Etats « coopèrent afin de promouvoir les modalités efficaces pour mettre au point, appliquer et diffuser des technologies, savoir-faire, pratiques et procédés écologiquement rationnels présentant un intérêt du point de vue des changements climatiques, et prennent toutes les mesures possibles pour promouvoir, faciliter et financer, selon qu'il convient, l'accès à ces ressources ou leur transfert, en particulier au profit des pays en développement, ce qui passe notamment par l'élaboration de politiques et de programmes visant à assurer efficacement le transfert de technologies écologiquement rationnelles appartenant au domaine public ou relevant du secteur public et l'instauration d'un environnement porteur pour le secteur privé afin de faciliter et de renforcer l'accès aux technologies écologiquement rationnelles ainsi que leur transfert ».

Convention Cadre des Nations-unies sur les Changements Climatiques, article 4.1, alinéa c : Les Parties « encouragent et soutiennent par leur coopération la mise au point, l'application et la diffusion – notamment par voie de transfert – de technologies, pratiques et procédés qui permettent de maîtriser, de réduire ou de prévenir les émissions anthropiques des gaz à effet de serre [...] dans tous les secteurs pertinents, en particulier compris ceux de l'énergie, des transports, de l'industrie, de l'agriculture, des forêts et de la gestion des déchets ».

article 4.3 : « Les pays développés parties [...] fournissent les ressources financières nécessaires aux pays en développement parties, notamment aux fins de transferts de technologie, pour couvrir la totalité des coûts supplémentaires convenus entraînés par l'application des mesures visées au paragraphe 1 ».

article 4.5 : « Les pays développés parties [...] prennent toutes les mesures possibles en vue d'encourager, de faciliter et de financer, selon les besoins, le transfert ou l'accès de technologies et de savoir-faire écologiquement rationnels aux autres Parties, et plus particulièrement à celles d'entre elles qui sont des pays en développement, afin de leur permettre d'appliquer les dispositions de la Convention. Dans ce processus, les pays développés Parties soutiennent le développement et le renforcement des capacités et technologies propres aux pays en développement Parties. Les autres Parties et organisations en mesure de le faire peuvent également aider à faciliter le transfert de ces technologies ».

Sources : Nations unies, 1998, *Protocole de Kyoto à la Convention Cadre des Nations unies sur les Changements Climatiques*, disponible à l'adresse <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>>

Nations unies, 1992, *Convention Cadre des Nations unies sur les Changements Climatiques*, disponible sur <http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/2853.php>

Les projets MDP ont une visée multisectorielle, allant de l'amélioration de l'efficacité énergétique aux systèmes de traitement et de dépollution, en passant par l'utilisation de sources d'énergie renouvelables et par le boisement ou le reboisement de zones déforestées. Vingt-six différentes activités de projets MDP sont répertoriées dans le *Pipeline*, ces dernières pouvant être regroupées en quatre catégories génériques :

i. Technologies d'exploitation des sources d'énergie renouvelables : turbines éoliennes, turbines hydrauliques, turbines d'exploitation de l'énergie marémotrice, des technologies photovoltaïques, installations géothermiques et technologies de gazéification de la biomasse. Ces technologies peuvent être transférées au pays d'accueil du MDP,

particulièrement dans les domaines de la biomasse et de l'éolien (dans une moindre mesure pour l'hydraulique qui est une technologie mature).

ii. Technologies de dépollution / réduction des émissions de polluants (réduction des émissions de HFC, de PFC, de SF₆, de N₂O, récupération et diminution du méthane, récupération des émissions fugitives, de méthane houiller, des gaz issus de décharges et capture du CO₂). La mise en œuvre de ces types de projets permet aux investisseurs de bénéficier de réductions d'émissions à faibles coûts, expliquant pourquoi cette catégorie est très répandue et est celle qui génère le plus de crédits d'émissions [Nguyen *et al.*, 2010]. Ces catégories de projets sont davantage susceptibles d'entraîner des transferts de technologies et la formation de personnels locaux, étant donné que peu de firmes des pays en développement possèdent les technologies pour détruire, par exemple, les hydrofluorocarbures.

iii. Technologies d'amélioration de l'efficacité énergétique (offre, génération d'énergie, industrie, ménages, services, distribution de l'énergie, transport). Ces catégories de projets ne mobilisent pas automatiquement des technologies vertes *stricto-sensu*, étant donné qu'une amélioration de l'efficacité énergétique peut être due à une réorganisation de la production et des gains d'efficacité productive [Winkelman *et al.*, 2011].

iv. Projets agricoles et de boisement : ces MDP ne mobilisent pas de technologies novatrices dans leur cadre et n'ont alors pas de prédispositions favorables à la diffusion d'équipements vers les PED. Toutefois, des plans de formation peuvent être mis en œuvre dans ces types de projets, particulièrement dans les MDP forestiers [Lacour *et al.*, 2013].

L'étude des transferts de technologies vertes dans le cadre des MDP requiert alors une analyse empirique précise, afin d'identifier si cette dynamique reste marginale ou si le MDP possède réellement une additionnalité technologique effective.

2.1.2. *Apports des études empiriques dans la quantification des transferts de technologies dans le cadre de projets Mécanismes pour un Développement Propre*

Malgré les préoccupations de la communauté internationale sur les processus de diffusion technologique dans le cadre de projets MDP, peu d'études empiriques ont évalué l'ampleur de ce phénomène. Un tableau récapitulatif de ces études empiriques est disponible p.255 (Tableau III.3).

Dans un premier temps, les travaux de De Coninck *et al.* (2007) ont cherché à quantifier les transferts de technologies dans le cadre de projets MDP. En se basant sur l'étude de 63 projets enregistrés avant janvier 2006¹¹³, les auteurs ont mis en évidence que plus de la moitié des MDP utilisent une technologie étrangère pour leur mise en œuvre. Dès lors, les technologies transférées sont à la fois des équipements et des éléments *software*, recouvrant des plans de formation des personnels locaux et contribuant à la construction de capacités technologiques dans le pays d'accueil. Les auteurs font alors une différenciation entre les tailles des projets quant à leur propension à transférer des technologies, mettant en évidence que les projets de large échelle, particulièrement dans le secteur des réductions des émissions/dépollution, transfèrent en moyenne davantage de technologies étrangères que les projets de petite échelle, qui utilisent principalement des technologies locales. L'analyse quantitative met en évidence que les investissements dans le cadre de projets MDP transférant des technologies s'élèvent à 470 millions d'euros, dont 80% sont originaires de l'Union européenne. L'analyse complémentaire des auteurs sur l'origine de la technologie transférée nous permet de distinguer les rôles complémentaires de la Chine et du Japon selon certaines technologies : les technologies de méthanisation (biogaz) ainsi que les turbines hydrauliques transférées dans le cadre de projets MDP sont originaires de Chine et d'Inde, alors que celles visant à récupérer et utiliser les gaz d'enfouissement (*landfill gas*) sont issues du Japon ; cette catégorie de projet étant celle qui connaît le plus fort taux de transferts de technologies. Youngman *et al.*, (2007) expliquent la tendance plus importante des projets utilisant des technologies de dépollution – *end of pipe technologies* – à les transférer vers les PED par l'existence de disparités de coûts et de risques économiques entre les différents activités des MDP. Ainsi, les technologies vertes visant à exploiter des sources d'énergie renouvelables

¹¹³ Afin de déterminer la part des projets MDP transférant des technologies, les auteurs se sont basés sur les informations données dans les fiches techniques des projets – *Project Design Document* (PDD) – et en l'absence d'informations pertinentes, ont interviewé les développeurs des projets par email [De Coninck *et al.*, 2007].

sont plus intensives en capital et ont tendance à faire face à des coûts de transaction plus élevés par tonne de carbone évitée. Une piste pour accroître les transferts serait alors de mettre en œuvre des incitations gouvernementales dans les domaines technologiques prioritaires, qui viseraient par exemple à augmenter le prix de vente des CER afin d'améliorer le taux de retour interne des projets.

Dans un second temps, les études effectuées par Haites *et al.* (2006) couvrent une base de données plus large regroupant 860 projets enregistrés et proposés jusqu'au 20 juin 2006¹¹⁴. Les auteurs ont étudié les PDD afin de déterminer les affirmations de transferts de technologies faites par les développeurs des projets. Ces déclarations se trouvent dans la section A.4.3 qui décrit la technologie employée dans le cadre du projet MDP – *Technology to be employed by the project activity*. La notion de transfert de technologies utilisée dans le cadre de ces projets n'implique pas un processus d'appropriation technologique de la part du pays récipiendaire, mais est restreinte au fait d'utiliser dans le cadre du projet des équipements/connaissances importés qui ne sont pas disponibles localement. L'étude empirique a débouché sur 4 principaux résultats.

- Premièrement, le pourcentage de projet impliquant des transferts de technologies varie de 0% à 100%, selon le type de projets implémentés. Ainsi, aucun des 22 projets dans la catégorie « ciment » n'implique de transfert, alors que 80% des 91 projets dans le domaine agricole et de la destruction des HFC impliquent un processus de diffusion technologique. En somme, les projets qui impliquent des transferts de technologies représentant 66% des estimations de réduction d'émissions annuelles, sachant que, similairement à De Coninck *et al.* (2007), les auteurs ont montré que les projets de grande taille ont une propension à la diffusion technologique plus élevée que les projets de petite taille (seulement 26% d'entre eux entraînent des transferts).

- Deuxièmement, en différenciant le taux de transferts selon les caractéristiques socio-économiques des pays d'accueil, les auteurs ont montré que les taux sont plus élevés que la moyenne pour les pays de taille moyenne (population comprise entre 1 et 100 millions). Dès lors 83% et 85% des projets mis en œuvre respectivement en Malaisie et au Mexique entraînent des transferts de technologies (représentant respectivement 94% et 91% des réductions annuelles d'émissions) alors que ce taux s'élève à 55% pour la Chine (représentant 76% des réductions d'émissions annuelles) et à seulement 7% pour l'Inde (34%

¹¹⁴ Les auteurs ont exclu de l'analyse empirique six projets pour lesquels les informations données dans les PDD ne permettent pas de déterminer s'ils entraînent des transferts de technologies ou non.

des réductions d'émissions). Cette différenciation peut être expliquée par le fait que les pays de grande taille auraient une base technologique plus développée et seraient ainsi relativement moins dépendants des technologies étrangères pour mettre en œuvre des projets propres. En outre, la relation entre transfert de technologies et le PIB per capita des pays d'accueil n'a pu être établie de manière systématique.

- Troisièmement, les résultats de l'estimation d'une équation de régression logistique révèlent que les transferts de technologies sont plus courants dans les projets utilisant l'énergie solaire et éolienne, les projets d'utilisation des gaz d'enfouissement et les MDP agricoles. A l'inverse, les projets hydrauliques et ceux visant à la substitution de combustibles fossiles sont reliés négativement et significativement à la variable explicative, i.e. les transferts de technologies.

- Quatrièmement, la différenciation dans la nature des technologies transférées montre que près de la moitié des projets entraînant une diffusion technologique transfèrent à la fois des connaissances (formation de personnels locaux) et des équipements ; mais que ces projets ne comptent que pour 26% des réductions d'émissions annuelles. Il apparaît que les projets qui impliquent des transferts d'équipements seuls vers les pays d'accueil ont un plus fort potentiel environnemental (64% des réductions d'émissions) même s'ils ne représentent que 34% du total des projets transférant des technologies.

Dans un troisième temps, à partir d'une étude sur un échantillon presque quatre fois plus large (3 296 projets jusqu'à juin 2008), Seres (2007) *et al.* (2009) ont trouvé un taux de transfert inférieur : 36% des projets MDP analysés entraînent des transferts de technologies, représentant 59% des réductions d'émissions annuelles. Les auteurs ont souligné que des équipements et connaissances sont transférés de manière concomitante dans la plupart des cas (53%), ces MDP représentant 47% des réductions annuelles d'émissions. Du même ordre, le transfert d'équipements seuls apparaît dans 32% des projets transférant des technologies (représentant 38% des réductions d'émissions) alors que le transfert de connaissances seules reste marginal. D'autre part, l'étude de l'origine de la technologie met en évidence la prédominance des pays de l'Annexe B : 94% des équipements et 98% des connaissances transférées viennent de ces pays industrialisés (États-Unis inclus). Les technologies japonaises représentent 24% des transferts et les programmes de formation mis en place par les firmes nippones 15%. Les entreprises japonaises transfèrent des technologies en priorité dans les

secteurs de l'amélioration de l'efficacité énergétique industrielle, dans la réduction des émissions d'HFC et dans la récupération du N₂O.

MDP, transferts de technologies et disparités géographiques

Dans un quatrième temps, Schneider *et al.* (2008) ont prolongé ces résultats par une analyse de la répartition géographique des projets MDP. Cette étude est basée sur l'indice composite construit par Oleschak *et al.* (2007), lequel prend en compte un ensemble de variables décrivant l'environnement économique, les régulations et les institutions liées au Protocole de Kyoto, ceci afin de comparer l'attractivité des différents pays face à l'accueil de projets MDP. Les trois pays ayant le score le plus élevé quant à l'attraction de projets sont l'Inde, la Chine et le Mexique, étant donnée la qualité des institutions nationales encadrant le mécanisme. Leur environnement économique et institutionnel apparaît comme plus stable que dans les autres pays non-Annexe B. Toutefois, lorsque les pays sont classés selon le taux de transfert de technologies dans les projets MDP, la Chine ne se positionne qu'en 9^{ème} position : sur les 397 projets installés sur le sol chinois en 2007, 195 impliquaient un transfert de technologies (49%).

Dans un cinquième temps, à partir d'une analyse empirique des transferts de technologies dans le cadre des projets MDP¹¹⁵, Dechezlepretre *et al.* (2007, 2008) ont mis en évidence les positions complémentaires de la Chine et du Japon comme récipiendaire et fournisseur de technologies dans les domaines de l'efficacité énergétique industrielle et dans les équipements de décomposition des HFC. Des technologies japonaises sont transférées majoritairement dans les domaines de l'énergie biomasse, la décomposition des HFC, l'efficacité énergétique industrielle ainsi que la destruction du N₂O. Complémentairement, la Chine bénéficie d'équipements importés principalement dans l'énergie éolienne, la récupération de gaz d'enfouissement, la décomposition des HFC ainsi que dans l'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie. Le pays peut utiliser des technologies locales dans les domaines de l'énergie hydraulique et de la biomasse. Dès lors, sur les 473 projets analysés

¹¹⁵ A partir d'une étude de 644 MDP enregistrés au 1^{er} mai 2007, les auteurs ont mis en évidence que des transferts de technologies apparaissent dans 43% des projets, lesquels représentent 84% des réductions annuelles d'émissions. L'analyse de la nature des technologies transférées souligne la prédominance des transferts concomitants d'équipements et de connaissances (19% des MDP transférant des technologies – 64% des réductions d'émissions annuelles) [Dechezlepretre *et al.*, 2008 ; Dechezlepretre, 2009].

lors d'un prolongement de ces recherches, Dechezlepretre *et al.* (2009b) ont établi un taux d'acquisition technologique au niveau de 59% pour la Chine, contre 68% pour le Mexique et seulement 40% et 12% respectivement pour le Brésil et l'Inde. Près de la moitié des projets en Chine entraîne le transfert d'équipements et simultanément la mise en place de plans de formation ; alors que le transfert de connaissances seules apparaît marginal (seulement 1.4% des projets étudiés). Les auteurs expliquent ces disparités géographiques quant à l'acquisition technologique par l'importance des variables socio-économiques impactant le taux de transfert. Ainsi, le taux de transfert en Chine – 59% des MDP – est expliqué par la croissance du PIB ainsi que ses capacités technologiques¹¹⁶. Dans le cas de ce pays, de fortes capacités technologiques sont positivement corrélées avec la diffusion technologique, les développeurs de projets pouvant s'appuyer sur un préalable technologique domestique.

Dans un dernier temps, l'étude quantitative la plus récente a été effectuée par l'UNFCCC et est celle qui est la plus exhaustive. A partir des 4 984 MDP dans le pipeline de juin 2010, les auteurs ont mis en évidence trois résultats principaux.

i. D'abord, l'UNFCCC a dénombré un taux de transfert de technologie total de 30%, représentant 48% des réductions d'émissions. Les projets transférant des technologies sont majoritairement des MDP de dépollution – réduction des HFC, du N₂O – même si les projets d'amélioration de l'efficacité énergétique industrielle, enregistrés dans la catégorie du transport ou encore de l'éolien connaissent des taux de transfert supérieurs à la moyenne. De plus, le taux de transfert diminue avec l'augmentation du nombre de projets similaires dans le pays, ce qui permet de conclure à une appropriation locale des technologies et à une diffusion interne au pays récipiendaire.

ii. Ensuite, différents facteurs socio-économiques expliquent les disparités de transferts entre les pays. Cette dynamique de diffusion semble alors plus courante dans le cas des pays les moins développés : population de petite taille, APD par habitant faible, droits de douanes relativement bas, infrastructures économiques peu développées, ainsi que des capacités technologiques plus faibles. Cet ensemble de facteurs influençant les transferts explique pourquoi l'économie chinoise, qui possède des bases technologiques, connaît un taux

¹¹⁶ Les auteurs ont construit une variable composite TECH_CAPABILITY visant à refléter le niveau technologique du pays grâce à l'utilisation de l'index technologique ArCo développé par Archibugi et Coco (2004). Cet indicateur prend en compte le dynamisme technologique (brevets et articles scientifiques), les infrastructures et le niveau de capital humain.

de transfert plus bas que la moyenne (19% des MDP représentant 47% des réductions d'émissions).

iii. Enfin, l'analyse de l'origine de la technologie effectuée par l'UNFCCC concorde avec les travaux antérieurs de Seres (2007) *et al.* (2009) : le Japon est le troisième fournisseur d'équipements et de connaissances dans le cadre du MDP (10%), derrière l'Allemagne (17%) et les États-Unis [UNFCCC, 2010].

Une synthèse de cette revue de littérature concernant les études empiriques sur les transferts de technologies dans le cadre de projets MPD est présentée dans le tableau III.3.

Tableau III.3 Transferts de technologies et MDP : quelques études empiriques

Etudes empiriques	Données mobilisées / Nombre de projets analysés	Transferts de technologies		Différenciation de la technologie : connaissances / équipements	Résultats complémentaires
		En % du nombre de projets	En % des réductions d'émissions		
De Coninck <i>et al.</i> (2007)	PDD et interview des développeurs / 63 MDP, (janvier 2006)	60%	-	En % des projets étudiés : Equipements nouveaux ou importés : 59% Construction de capacités ou connaissances requises transférées : 46%	Les transferts de technologies sont plus courants dans les projets de dépollution et de réduction des émissions de polluants.
Haites <i>et al.</i> (2006)	PDD section A.4.3 / 854 MDP (20 juin 2006)	33.5%	66.5%	En % des projets transférant des technologies : Equipements seuls : 34% des projets et 64% des réductions d'émissions. Connaissances seules : 16% des projets et 8% des réductions d'émissions. Equipements et connaissances : 46% des projets et 26% des réductions d'émissions.	Les transferts de technologies sont plus courants dans les projets de grande taille. Les transferts de technologies sont plus importants vers les pays de taille moyenne (population comprise entre 1 et 100 millions de personnes).
Seres (2007), Seres <i>et al.</i> (2009)	PDD section A.4.3 / 3 296 MDP (juin 2008)	36%	59%	En % des projets transférant des technologies : Equipements seuls : 32% des projets et 38% des réductions d'émissions. Connaissances seules : 15% des projets et 15% des réductions d'émissions. Equipements et connaissances : 53% des projets et 47% des réductions d'émissions.	<u>Origine de la technologie</u> : 94% des équipements et 98% des connaissances transférées viennent des pays de l'Annexe B (respectivement 24% et 15% sont originaires du Japon).
Dechezlepretre (2009) Dechezlepretre <i>et al.</i> (2007, 2008)	UNEP Risoe Center CDM Pipeline, PDD / 644 projets enregistrés (1 ^{er} mai 2007)	43%	84%	En % de tous les projets étudiés : Equipements seuls : 9% des projets et 6% des réductions d'émissions Connaissances seules : 15% des projets et 14% des réductions d'émissions Equipements et connaissances : 19% des projets et 64% des réductions d'émissions.	Le Japon fait partie des principaux fournisseurs de technologies (biomasse, HFC, efficacité énergétique dans l'industrie, N ₂ O). La Chine fait partie des principaux pays de destination des technologies (éolien, HFC, efficacité énergétique industrielle, récupération de gaz d'enfouissement).
Dechezlepretre <i>et al.</i> (2009b)	UNEP Risoe Center CDM Pipeline, PDD / 473 projets enregistrés en Chine, au Mexique, en Inde et au Brésil (1 ^{er} mai 2007)	En % du nombre de projets : Inde : 12% Brésil : 40% Mexique : 68% Chine : 59%		En % de tous les projets enregistrés : Equipements seuls : 4% en Inde, 8% au Brésil, 5% au Mexique et 15% en Chine. Connaissances seules : 2% en Inde, 23% au Brésil, 57% au Mexique et 1% en Chine. Equipements et connaissances : 6% en Inde, 9% au Brésil, 5% au Mexique et 42% en Chine.	Des variables socio-économiques expliquent les différences d'attractivité des pays face aux MDP (croissance du PIB, capacités technologiques domestiques).
UNFCCC (2010)	UNEP Risoe Center CDM Pipeline, PDD / 4984 MDP (30 juin 2010)	Total : 30% Chine: 19%	Total : 48% Chine: 47%	En % des projets transférant des technologies : Equipements seuls : 34% des projets et 34% des réductions d'émissions. Connaissances seules : 14% des projets et 11% des réductions d'émissions. Equipements et connaissances : 52% des projets et 54% des réductions d'émissions.	Les transferts de technologies diminuent avec l'augmentation de projets similaires dans le pays. Variables socio-économiques qui expliquent les différences de transferts entre les pays (population, APD, droits de douanes, capacités technologiques).

A ce niveau de l'analyse, il apparaît que le phénomène de diffusion technologique dans le cadre du MDP n'est pas marginal, en moyenne un tiers des projets MDP impliquent la diffusion d'équipements et de connaissances novateurs. Les projets transférant des technologies sont de forte portée environnementale, ces derniers représentant en moyenne la moitié des réductions d'émissions de tous les MDP. Ce dernier point s'explique par le fait que les transferts de technologies sont plus fréquents dans les projets de réductions des émissions de polluants et de dépollution (HFC, N₂O, PFC...), ces projets permettant une réduction des émissions à des coûts moindres. Bien que les fondements initiaux du MDP n'aient pas de dimension technologique prioritaire, cet instrument reste un vecteur de technologies vertes important. Ce fait justifie alors de se pencher plus précisément sur les transferts de technologies vertes entre le Japon et la Chine dans le cadre des MDP, en se basant sur les données des PDD.

2.2. Transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine dans le cadre de projets Mécanismes pour un Développement Propre : des flux substantiels

Cette dernière sous-section a pour objectif de quantifier et de qualifier les transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine dans le cadre de mécanismes pour un développement propre. Dans un premier temps, l'analyse de la répartition sectorielle des projets japonais en Chine révèle bien une adéquation avec la stratégie climatique chinoise, caractérisée par la priorité donnée au secteur énergétique (2.2.1). Dans un deuxième temps, l'étude des fiches techniques des 246 projets MDP japonais installés en Chine permet de quantifier les transferts de technologies et de différencier la transmission de connaissances de la diffusion de technologies *hardware* (2.2.2). Dans un troisième temps, l'estimation d'une équation de régression logistique permet de mettre en évidence que les activités pour lesquelles la probabilité de transfert est la plus significative sont l'éolien, l'efficacité énergétique et l'évitement du méthane (2.2.3).

2.2.1. Qualification des projets japonais installés sur le sol chinois

L'établissement de projets dans des pays non-annexe B permet de transférer des technologies propres : biens d'équipements et/ou connaissances et formations des personnels locaux sur la gestion des technologies environnementales. L'importance des relations entre le Japon et la Chine, conjuguée à l'avance technologique du premier sur la seconde, justifie pleinement le fait de se pencher sur le contenu technologique des MDP entre les deux pays. Diverses études ont montré les rôles complémentaires qu'exercent ces deux puissances dans la région Asie-Pacifique, certaines les qualifiant d'hégémons partiels dans la zone [Figuière *et al.*, 2005, 2006 ; Guilhot, 2008]. L'importance des relations économiques entre la Chine et le Japon est révélatrice de la complémentarité de leurs intérêts économiques (*Cf.* Introduction Générale): la Chine a besoin des technologies nippones et les japonais souhaitent accéder au marché intérieur chinois ; le gouvernement japonais insistant de même sur une coopération renforcée avec leur grand voisin dans certains domaines comme l'énergie et la protection de l'environnement [Vincon *et al.*, 2006 ; Emmott, 2008]. Le Japon est désormais le quatrième investisseur en Chine – derrière Hong-Kong, les Iles Vierges et Singapour- (4.1 milliards de

dollars en 2010, soit 3.6% des IDE reçus par la Chine à cette date¹¹⁷, les MDP s'inscrivent alors dans une logique de complémentarité des autres formes de flux (commerciaux et d'investissement) entre les deux économies.

Méthodologie de collecte des données sur les transferts de technologies

Afin de quantifier les transferts de technologies incorporés aux MDP japonais en Chine, la méthodologie de Dechezlepretre *et al.* (2008, 2009b) a été appliquée. Cette étude de cas analyse les 246 projets MDP initiés par des firmes nippones en Chine entre 2005 et le 30 mai 2011, lesquels ont permis d'atteindre une réduction cumulée de plus de 81 millions de tonnes de CO₂ par an. Sur la base de l'étude des PDD de ces 246 projets, trois situations apparaissent :

- Les affirmations de transferts de technologies sont observées dans la section A.4.3 du PDD. Les développeurs du projet y mentionnent explicitement la nature des technologies transférées ;
- Certains projets démentent toute importation de technologies depuis l'étranger, justifiant dans certains cas cette situation par le fait que la Chine maîtrise déjà les technologies employées par le projet. Ex : « *China possessed the technological capacity to manufacture the necessary components, so no technology transferred from other countries is involved in this project activity* » [CDM Executive Board, 2007, *Clean Development Mechanism Project Design Document – Gansu Diebu Duoer 32 MW Hydropower project*, p.4] ;
- Enfin, dans certains PDD, aucune information sur l'origine de la technologie employée n'est explicitée. Sont alors comptabilisés ensemble les projets qui annoncent explicitement l'absence de transfert et ceux qui n'y font pas référence.

De plus, les informations du CDM Pipeline de juin 2011 [UNEP, 2011b] fournissent des renseignements sur le type de projet, le montant des réductions d'émissions engendrées, la méthodologie de calcul, l'acheteur des crédits, le consultant pour l'élaboration du PDD, le montant de l'investissement (en millions de dollars, en tonnes de CO₂ et en kilowattheure), ainsi que la durée de vie du projet.

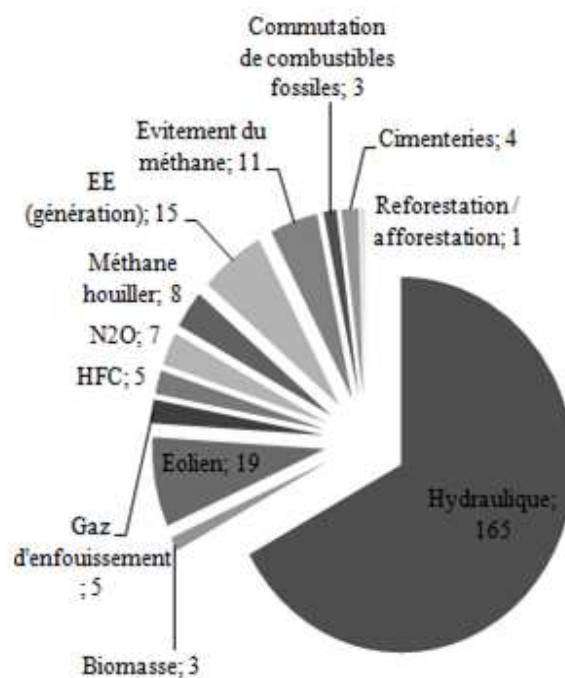
¹¹⁷ D'après les données du site gouvernemental géré par le Ministère du Commerce de la RPC « *Invest in China* » disponible à l'adresse <<http://www.fdi.gov.cn>>

Statistiques descriptives sur les projets japonais en Chine

L'analyse empirique préliminaire des projets MDP japonais sur le sol chinois se décline en trois temps : elle vise premièrement à déterminer la répartition sectorielle des projets, ensuite, à analyser les montants des investissements réalisés, et enfin, à préciser la distribution géographique des MDP sur le territoire chinois.

D'après l'analyse de la répartition sectorielle des projets japonais installés sur le sol chinois (Graphique III.6), il apparaît que 76% d'entre eux concernent le secteur des énergies renouvelables, avec une prédominance forte de l'exploitation de l'énergie hydraulique (67% des MDP nippons en Chine), et dans une moindre mesure l'énergie éolienne (8%). La prédominance de ces deux secteurs dans la répartition sectorielle des MDP peut être expliquée avant tout par le potentiel du territoire chinois dans l'exploitation d'énergies renouvelables, et en particulier par l'abondance des ressources hydriques et l'exposition des sols. Dès lors, le troisième type de projet le plus financé par des firmes nippones en Chine vise à améliorer l'efficacité énergétique dans la génération d'énergie, afin, par exemple, d'utiliser la chaleur résiduelle dans les productions de ciment, de fer, d'acier, ou encore de coke pour générer de l'électricité (6%).

Graphique III.6. Répartition sectorielle des MDP japonais en Chine
(en stock au 1^{er} juin 2011)



Source : D'après UNEP, 2011b, *CDM Pipeline 2011*, UNEP Risoe Center, Juillet, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org>>

De plus, les différentes activités des MDP connaissent aussi des disparités quant à leur potentiel environnemental (Tableau III.4). Ainsi, les projets de réduction des HFC, bien que n'étant pas prioritaires pour les entreprises nippones en Chine – seulement 5 MDP, soit 2% du total, sont ceux qui génèrent le plus de réductions d'émissions (48% des réductions d'émissions totales liées aux MDP japonais en Chine). Les MDP de bout de chaîne – dépollution, récupération des polluants – sont ceux qui permettent une réduction des émissions aux coûts les plus faibles, les entreprises investisseuses pouvant bénéficier de crédits d'émissions avec des investissements moindres¹¹⁸. Le même constat peut être tiré pour la récupération du méthane houillier, représentant 6% des réductions d'émissions totales, avec 627 tonnes de CO₂ évitées en moyenne par projet. Ces projets mobilisant des technologies de dépollution – *end of pipe technologies* – avaient déjà été analysés dans la littérature comme vecteurs de transferts plus denses que d'autres types de projets, et notamment ceux qui visent à utiliser des sources d'énergie renouvelables [De Coninck et al., 2007].

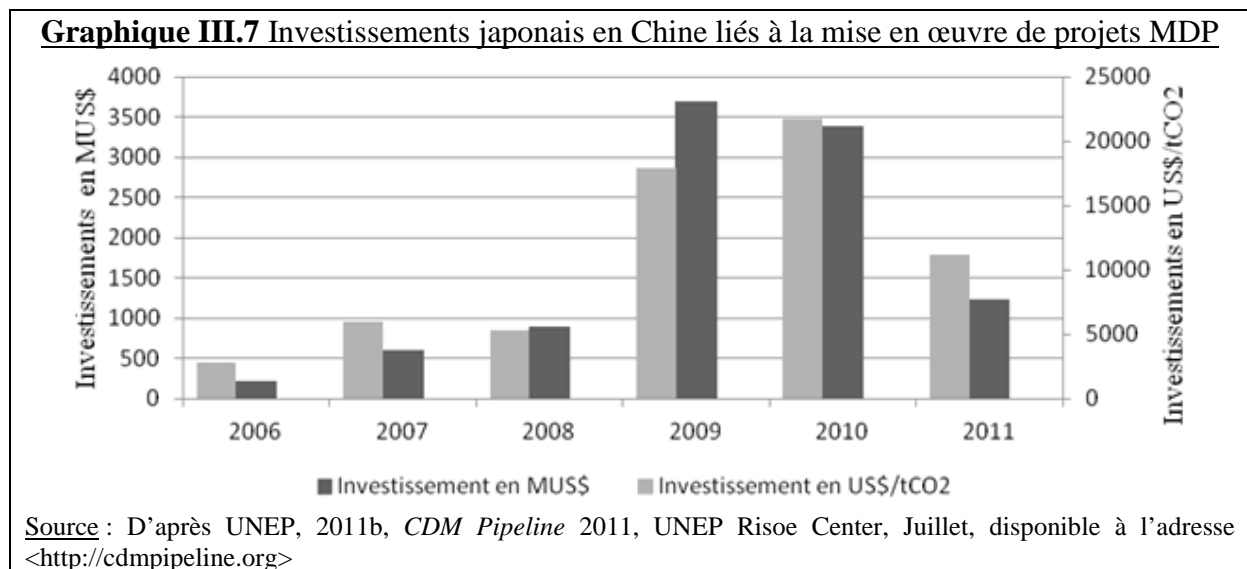
Tableau III.4. Réductions d'émissions des projets japonais en Chine
(en stock au 1^{er} juin 2011)

Types de projets MDP	Réductions d'émissions (en milliers de tonnes de CO ₂ par an)	Parts dans les réductions d'émissions (en % du total)	Réductions d'émissions en moyenne par type de projet (en milliers de tonnes de CO ₂ par an)
Hydraulique	23 598,689	29,04	143,02 (165 MDP)
Biomasse	449,839	0,55	149,95 (3)
Eolien	2 178,308	2,68	114,65 (19)
Gaz d'enfouissement	473,26	0,58	94,65 (5)
HFC	38 996,572	47,98	7 799,31 (5)
N ₂ O	2 664,465	3,28	380,64 (7)
Méthane houillier	5 013,089	6,17	626,64 (8)
EE (génération)	1 755,698	2,16	117,05 (15)
Evitement du méthane	702,208	0,86	63,84 (11)
Substitution de combustibles fossiles	4 401,492	5,42	1 467,16 (3)
Cimenteries	1 015,283	1,25	253,82 (4)
Reforestation / afforestation	25,8	0,03	25,8 (1)
Total	81 274,703	100	330,38 (246 MDP)

Source : D'après UNEP, 2011b, *CDM Pipeline 2011*, UNEP Risoe Center, Juillet, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org>>

¹¹⁸ Ellis et al. (2007) mettent en évidence le fait que les projets de dépollution – récupération des gaz issus de décharges, substitution de combustibles fossiles, réduction des émissions de N₂O industrielles et d'HFC sont ceux dont la rentabilité économique est la plus élevée : investissements faibles relativement aux retours sur investissements matérialisés par les CER.

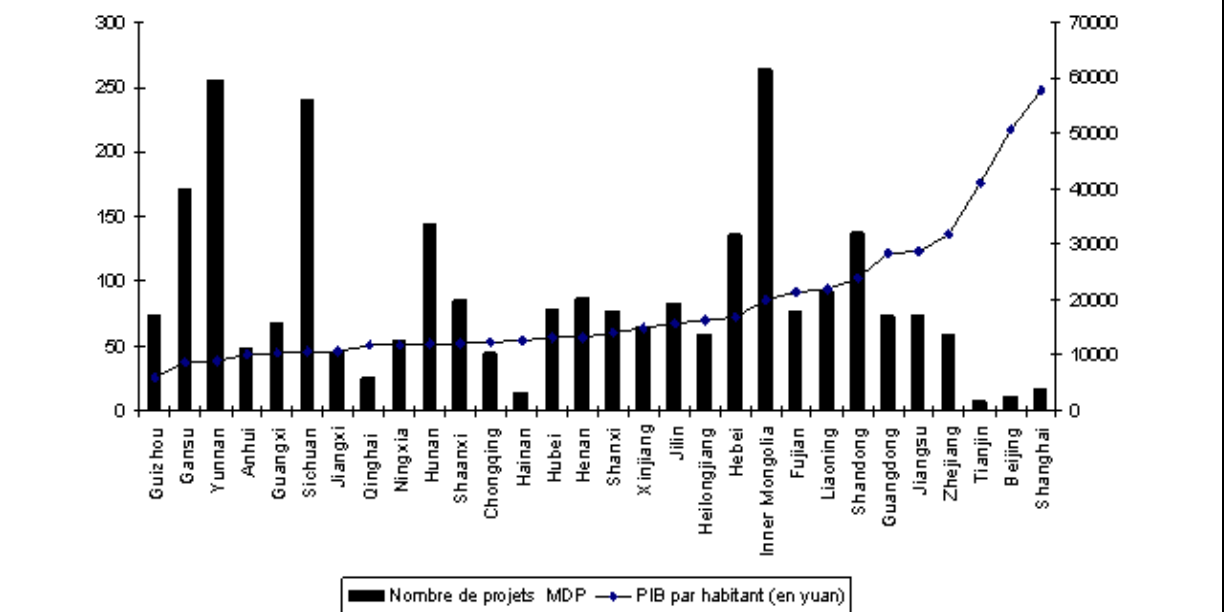
Bien que les montants mobilisés dans le cadre du MDP ne soient pas considérables, ils représentent tout de même une part non négligeable des flux d'IDE sur le territoire chinois (Graphique III.7). Les investissements dans le MDP ne représentaient que 0.7% des flux d'IDE japonais sur le territoire chinois en 2006 (212 millions de dollars) à la naissance du mécanisme de flexibilité, mais cette part a atteint 1.83% en 2008 – 895 millions de dollars – pour ensuite atteindre le niveau significatif de 6.71% des flux d'IDE en 2009 – 3 695 millions de dollars¹¹⁹. La croissance des montants mobilisés par les firmes japonaises dans le cadre du MDP est expliquée par les perspectives de marché chinoises, mais aussi par les réductions d'émissions à faibles coûts sur son territoire, générant des crédits d'émissions pouvant être utilisés ou échangés sur le marché carbone [Mizuno, 2004].



Néanmoins, l'analyse de la répartition géographique des projets entrant en Chine (globaux et en provenance du Japon) ne semble pas mettre en évidence une quelconque corrélation avec la localisation des IDE entrant sur le territoire, ou avec le PIB per capita des régions d'accueil (Graphique III.8).

¹¹⁹ Les données sur les flux d'IDE japonais en Chine sont issues du site internet de l'organisme paragouvernemental JETRO – *Japanese External Trade Organization* – disponible à l'adresse <<http://www.jetro.go.jp/en/reports/statistics/>>.

Graphique III.8. Nombre total de projets versus PIB par habitant par provinces chinoises, en 2011



Notes : Le nombre de projets MDP répartis par provinces chinoises se lit sur l'axe de gauche alors que le PIB/habitant des provinces est représenté sur l'axe de droite, ce dernier est exprimé en yuan.

Source : D'après UNEP, 2011c, *CDM Project distribution within host countries by region and type*, UNEP Risoe Center, Juillet, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org/publications/CDMStatesAndProvinces.xlsx>>

Deux commentaires peuvent être tirés de cette répartition géographique :

i. Tous investisseurs confondus, les MDP sont principalement concentrés sur les régions à fort potentiel d'exploitation d'énergies renouvelables¹²⁰, principalement sur la Mongolie Intérieure (264 projets), le Yunnan (256 projets) et le Sichuan (240 MDP). Premièrement, la Mongolie Intérieure est une province autonome où le potentiel éolien est important, 90% des projets MDP qui y sont implantés visent à exploiter cette énergie renouvelable. Ainsi, cette région possède un parc éolien d'une capacité de plus de 10 GW, représentant un tiers de la capacité totale du réseau éolien chinois¹²¹. Deuxièmement, le Yunnan est l'une des provinces chinoises où le niveau de précipitations est le plus élevé et où les ressources hydriques s'élèvent à 5 566 m³ par personne (troisième province avec les ressources en eau les plus élevées après le Tibet et le Qinghai) [Cai, 2004]. Dès lors, 89% des MDP sur ce territoire visent à exploiter l'énergie hydraulique, la province étant traversée par le Mékong, le Fleuve rouge (*Hong He*) et le Salouen (*Nù Jiāng*). Troisièmement, bien que

¹²⁰ Une carte des MDP en Chine répartis par province d'accueil est disponible dans l'Annexe 14.

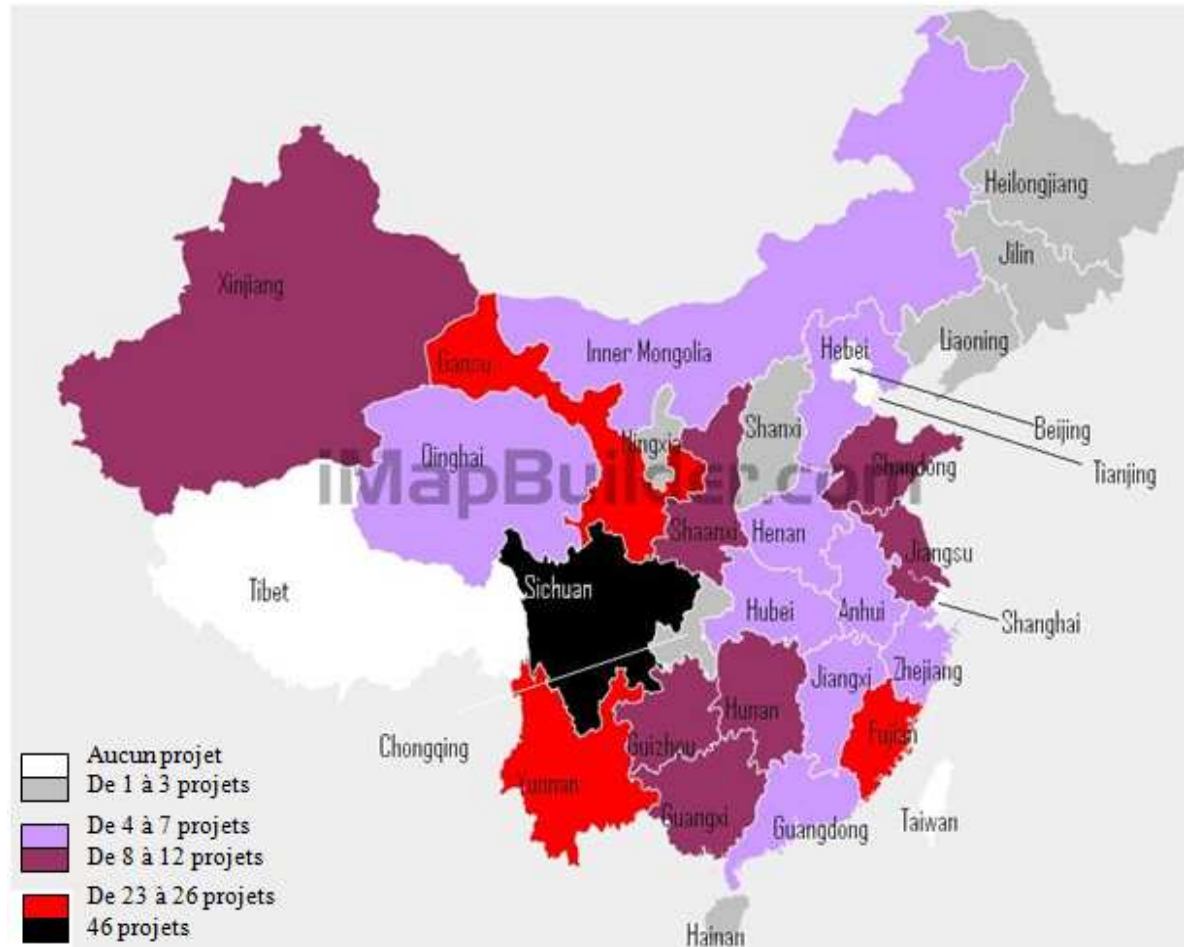
¹²¹ D'après le site internet de Chine Information consulté le 15/09/11, disponible à l'adresse <http://www.chine-informations.com/actualite/la-mongolie-interieure-est-la-premiere-region-de-chine-a-posseder-une_28987.html>

possédant des ressources hydriques inférieures, le Sichuan accueille majoritairement – à hauteur de 80% – des projets MDP enregistrés dans la catégorie de l’exploitation de l’énergie hydraulique ; le bassin du Sichuan étant drainé par le plus long fleuve d’Asie, le *Yangzi Jiang*. Toutefois, ces trois régions ne sont pas celles qui connaissent des PIB per capita les plus élevés du territoire, le Yunnan possédant un PIB par habitant de 8 970 yuans, le Sichuan de 10 546 yuans et la Mongolie Intérieure connaissant un PIB de 20 053 yuans par habitants en 2011.

ii. La répartition géographique des projets japonais sur le territoire chinois ne révèle pas non plus de corrélation avec la direction des IDE en Chine (Carte III.1), à l’exception de la province du Fujian située sur la côte est du territoire (la région est de la Chine accapare 85% des IDE entrants en 2008¹²²). Dès lors, les MDP financés par des entreprises japonaises sont localisés en majorité dans la province du Sichuan. Trois autres provinces connaissent une attractivité supérieure à la moyenne pour les entreprises nippones : le Gansu (26 MDP), le Fujian (25 MDP) et le Yunnan (23 MDP). Dans le cas du Fujian, cette attractivité est expliquée aussi par le rôle prioritaire donné par le gouvernement à la ville de Fuzhou, qualifiée de zone de développement économique et technologique. Cette zone géographique est alors orientée sur l’accueil d’activités à haut contenu technologique, les investissements étrangers étant encouragés, entre autres, dans les domaines des nouvelles technologies et des nouveaux équipements pour la prévention et la réduction des pollutions environnementales [Boissin *et al.*, 2005].

¹²² D’après les statistiques données par le site gouvernemental « *Invest in China* » disponibles à l’adresse <http://www.fdi.gov.cn/pub/FDI_EN/Statistics/AnnualStatisticsData/AnnualFDIData/FDIStatistics,2008/t20100422_120789.htm>

Carte III.1. Localisation des projets MDP japonais en Chine (en stock au 1^{er} juillet 2011)



Source : D'après UNEP, 2011b, *CDM Pipeline 2011*, UNEP Risoe Center, Juillet, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org>>

Cette analyse empirique des MDP japonais sur le territoire chinois peut alors être approfondie grâce à la quantification des technologies transférées sur la base des déclarations faites par les investisseurs dans l'élaboration des PDD des projets.

2.2.2. *Technologies et connaissances transférées depuis le Japon vers la Chine via le Mécanisme pour un Développement Propre*

L'analyse empirique approfondie des transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine se décline en trois temps : le phénomène de diffusion technologique dans son ensemble est tout d'abord étudié ; ensuite, les technologies sont différenciées entre équipements et connaissances ; et enfin, les différents types de technologies transférées seront abordés.

Sur les 246 MDP initiés par des entreprises japonaises en Chine enregistrés jusqu'au 30 mai 2011, 69 impliquent explicitement un transfert de technologies et 177 ne font pas référence à ce processus ou nient toute importation de technologies depuis l'étranger. Le Tableau III.5 fournit les principales caractéristiques des MDP japonais en Chine ainsi que la fréquence et la nature des technologies transférées par catégories de projets.

Plus précisément, bien que ne représentant que 28% du nombre de MDP, les projets transférant des technologies vertes vers la Chine sont de forte efficacité environnementale étant donné qu'ils représentent 71% des réductions d'émissions de CO₂ liées aux MDP japonais. Lorsque l'on différencie les types de technologies transférées, deux résultats apparaissent.

- i. D'une part, près de la moitié des réductions d'émissions de carbone est engendrée par la mise en œuvre de projets important des équipements novateurs et mettant parallèlement en œuvre des plans de formation afin d'améliorer les compétences techniques des personnels (50% des réductions d'émissions et 11% des projets).
- ii. D'autre part, la majorité des transferts (13%) prend la forme de diffusion de connaissances, les projets mobilisant cette partie intangible de la technologie n'étant pas de forte ampleur environnementale étant donné qu'ils ne représentent que 6.5% des réductions d'émissions.

Au total, le taux de transfert de technologies depuis le Japon vers la Chine est inférieur à ceux démontrés dans une partie de la littérature empirique [Dechezlepretre *et al.*, 2009b], pour qui le taux de transfert de technologies dans les projets chinois toutes origines confondues est

de 59%. Ces différences de taux de transfert peuvent être expliquées principalement par le fait que la période d'étude de Dechezlepretre *et al.* (2009b) est plus ancienne que celle qui est mobilisée dans la présente analyse. Ainsi, les transferts de technologies diminuent avec l'augmentation du nombre de projets similaires dans le pays d'accueil [UNFCCC, 2010].

Tableau III.5. Caractéristiques des projets japonais transférant des technologies sur le sol chinois

Activités des MDPs	Projets impliquant des transferts de technologies						Total des projets impliquant des transferts de technologies	
	Equipements seuls		Connaissances seules		Equipements et connaissances		En % des réductions d'émissions de CO ₂	En % du nombre de projets
	En % des réductions d'émissions de CO ₂	En % du nombre de projets	En % des réductions d'émissions de CO ₂	En % du nombre de projets	En % des réductions d'émissions de CO ₂	En % du nombre de projets		
Energie hydraulique	2,11%	1,21% (2)	13,75%	11,52% (19)	-	-	15,86%	12,73% (21)
Energie biomasse	-	-	57,86%	66,67% (2)	-	-	57,86%	66,67% (2)
Energie éolienne	7,25%	10,53% (2)	29,36%	21,05% (4)	23,43%	26,32% (5)	60,04%	57,89% (11)
Récupération des gaz d'enfouissement	20,71%	20% (1)	-	-	46,18%	40,00% (2)	66,89%	60% (3)
Equipements de décomposition des HFC	25,74%	40% (2)	-	-	74,26%	60% (3)	100%	100% (5)
Réduction des émissions de N ₂ O	-	-	21,59%	14,29% (1)	78,41%	85,71% (6)	100%	100% (7)
Récupération de méthane houiller, équipements <i>Coke Dry Quenching</i> (CDQ)	14,59%	12,50% (1)	8,15%	12,50% (1)	68,25%	37,50% (3)	90,99%	62,50% (5)
Efficacité énergétique dans la génération d'énergie	12,34%	6,67% (1)	2,55%	6,67% (1)	47,62%	33,33% (5)	62,51%	46,67% (7)
Evitement du méthane	10,59%	9,09% (1)	12,14%	18,18% (2)	9,45%	9,09% (1)	32,18%	36,36% (4)
Substitution de combustibles fossiles	-	-	-	-	100%	100% (3)	100%	100% (3)
Cimenteries	-	-	-	-	-	-	0%	0% (0)
Reforestation / afforestation	-	-	100%	100% (1)	-	-	100%	100% (1)
Total	14,54%	4,07% (10)	6,50%	12,60% (31)	49,83%	11,38% (28)	70,87%	28,05% (69)

Source : D'après UNEP (2011b), *CDM Pipeline 2011*, Juillet, disponible à l'adresse <<http://www.cdmpipeline.org>> et les PDD des MDP disponibles sur le site internet de l'UNFCCC consultable à l'adresse <<http://cdm.unfccc.int/>>

L'analyse des transferts de technologies par activités de projets sur le territoire chinois met en évidence des différences relatives entre les projets de dépollution, les MDP mobilisant des sources d'énergie renouvelables et ceux qui visent à améliorer l'efficacité énergétique dans la génération d'énergie.

Premièrement, d'après les annonces de transferts de technologies faites dans ces projets nippons, il apparaît que certains MDP qui s'inscrivent dans les domaines de la **récupération des émissions de gaz polluants et de dépollution** entraînent automatiquement des transferts de technologies – équipements de décomposition des HFC et réduction des émissions de N₂O. Ce premier constat est en accord avec les résultats obtenus par De Coninck *et al.* (2007). Plus précisément, 60% et 86% des projets entraînant respectivement la décomposition des HFC et du N₂O impliquent la diffusion à la fois de connaissances et d'équipements vers le territoire chinois, représentant respectivement 74% et 78% des réductions d'émissions annuelles engendrées par la mise en œuvre de ces projets (31 millions de tonnes de CO₂ évitées par an sur les 41 millions de réduction annuelle pour ces deux catégories de projets).

Deuxièmement, les projets qui visent à utiliser des **sources d'énergie renouvelables** (hydraulique, biomasse, éolien) connaissent un taux de transfert plus faible. En particulier, les projets hydrauliques, majoritaires dans les stratégies des firmes nippones en Chine, ne diffusent des technologies que dans 13% des cas, lesquels représentent 16% des réductions d'émissions liées à la mise en œuvre de ces types de projets. La faiblesse des transferts d'équipements dans cette catégorie de projet est expliquée par les capacités technologiques domestiques chinoises dans la manufacture de turbines et procédés hydrauliques. Ainsi, dans la mise en œuvre de projets hydrauliques, ce sont majoritairement des connaissances qui sont transférées vers le territoire chinois : mise en place de plans de formation des personnels afin améliorer l'efficacité du processus de production de l'énergie. Un exemple de transfert de connaissances dans le cadre d'un projet MDP est fourni dans l'Encadré III.4. De plus, les taux de transfert s'élèvent à 67% et 58% respectivement pour les projets d'énergie biomasse et éoliens, étant donné que ces technologies ne sont pas au même niveau de maturité que celles mobilisées dans le cadre de projets hydroélectriques, et que ces secteurs font partie des priorités énergétiques du gouvernement chinois. Dans ces deux cas, sont utilisés majoritairement des équipements importés.

Encadré III.4. Projet MDP « Sichuan Jinyanxi 8MW Hydropower Project »

Caractéristiques du MDP :

Type de projet : hydraulique (centrale hydroélectrique « au fil de l'eau »).

Réductions d'émissions : 34 969 tonnes métriques d'équivalent CO₂ par an.

Période de comptabilisation : 26 novembre 2010 – 24 novembre 2017

Montant de l'investissement : 6 millions US\$

Acheteur de crédit : Japon (Mitsubishi)

Description de l'activité du projet :

Le projet MDP financé par la firme japonaise Mitsubishi et enregistré auprès du Conseil Exécutif le 26 novembre 2010 a pour but d'utiliser une source d'énergie renouvelable pour générer de l'électricité dans la province du Sichuan. Le projet est une usine hydroélectrique de détournement avec une capacité totale installée de 8 MW. La production d'électricité annuelle est de 44 820 MWh. L'électricité produite va être transmise au réseau de distribution de la province du Sichuan et finalement connectée au groupe central de génération énergétique chinois (CCPG). Le projet est sensé réduire les émissions de GES (principalement du CO₂) d'un montant estimé de 34 969 tonnes de carbone par an pendant la première période de comptabilisation.

Projet et développement soutenable :

En plus de réduire les émissions de GES, le projet produit des bénéfices économiques et environnementaux et contribue au développement soutenable local en comparaison à d'autres types de

génération d'énergie (principalement le charbon). Les bénéfices en termes de développement durables sont :

- Amélioration du développement économique local et régional par la satisfaction de l'augmentation de la demande d'électricité
- Fourniture d'un support au développement économique des minorités territoriales locales et réduction de la pauvreté
- Utilisation des ressources hydrauliques pour une production d'énergie soutenable
- Augmentation des opportunités d'emploi dans la zone où le projet est localisé (24 personnes employées en permanence pour l'opération du projet)
- Réduction de la pollution de l'air locale causée par les centrales thermiques au charbon

Transferts de technologies et projets MDP :

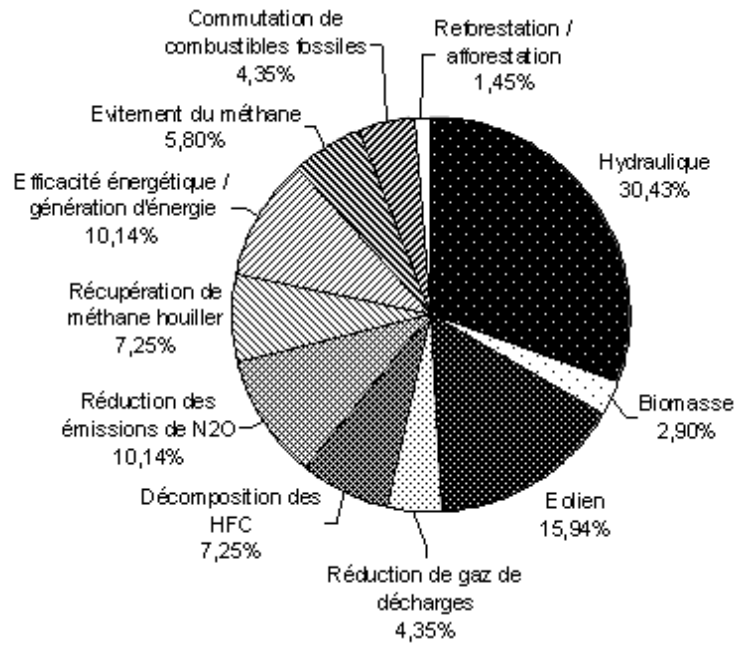
Avant la mise en fonction du projet, les détenteurs et les fournisseurs des équipements mettent en place des plans de formation pour les personnels dans les domaines du *monitoring*, de l'opération, de la maintenance et des traitements d'urgences... Les personnels locaux reçoivent des certificats de qualification émis par la Commission de Commerce et d'Economie de la province du Sichuan (*Economic & Trade Commission*). Les personnels recevront de plus des sessions de formation après la mise en fonction du projet.

Source : D'après CDM Executive Board (2010) *Clean Development Mechanism Project Design Document - Sichuan Jinyanxi 8MW Hydropower Project*, version 3, disponible sur <<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1265797959.33/view>>

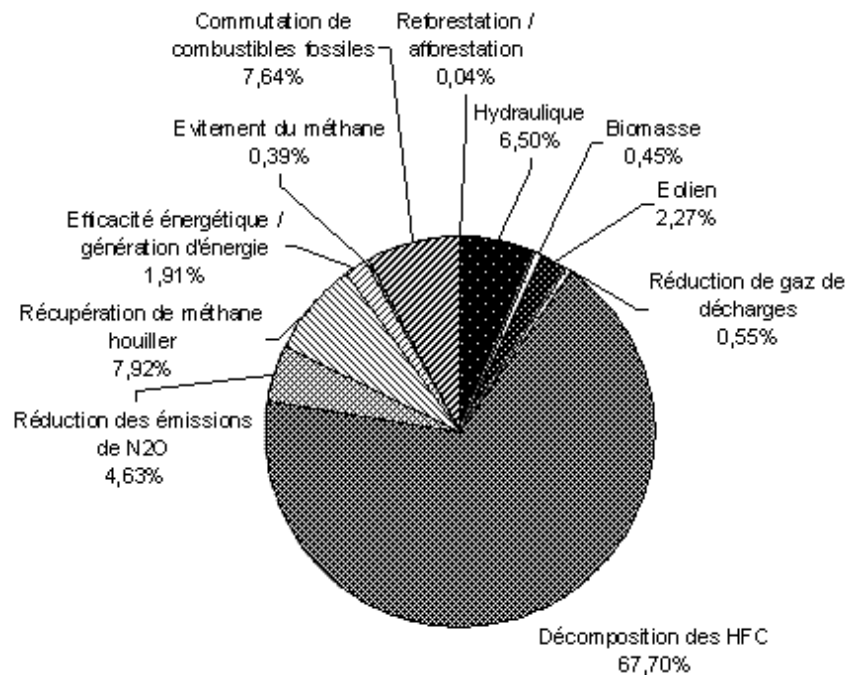
Troisièmement, la moitié des projets **d'amélioration de l'efficacité énergétique** dans la génération d'énergie – utilisation de gaz résiduels dans l'industrie pour produire de l'électricité – implique la diffusion de technologies vers la Chine. La moitié de ces transferts entraîne l'utilisation d'équipements importés et la transmission de connaissances vers les personnels locaux afin d'accroître leur formation sur l'opérationnalité des technologies.

Un examen plus approfondi de la totalité des technologies transférées en Chine par le Japon (Graphiques III.9 et III.10) montre que les technologies hydrauliques et éoliennes représentent respectivement 30% et 16% des transferts de technologies lorsque ces derniers sont exprimés en parts du nombre de MDP transférant des technologies.

Graphique III.9. Types de projets transférant des technologies en Chine dans le cadre de MDP japonais (en % du nombre de projets japonais transférant des technologies)



Graphique III.10. Réductions d'émissions de carbone des projets japonais transférant des technologies en Chine, selon le type (en % des réductions d'émissions de CO₂ des projets japonais transférant des technologies)



Source : D'après UNEP (2011b), *CDM Pipeline 2011*, Juillet, disponible à l'adresse <<http://www.cdmpipeline.org>> et les PDD des MDP disponibles sur le site internet de l'UNFCCC consultable à l'adresse <<http://cdm.unfccc.int/>>

Toutefois, lorsque les technologies transférées sont exprimées selon leur portée environnementale (réductions d'émissions de CO₂), ce sont une fois de plus les technologies de dépollution / récupération des polluants qui sont majoritaires. Les projets avec des revenus de CER plus élevés sont alors ceux qui connaissent des taux de transfert substantiels [Wang, 2010]. Ainsi, le montant moyen des réductions d'émissions des équipements de décomposition des HFC s'élève à près de 39 millions de tonnes métriques d'équivalent CO₂ par année, représentant près de 68% des réductions d'émissions annuelles dans les MDP japonais entraînant des transferts de technologies. Même si les HFC ne détériorent pas directement la couche d'ozone étant donné que ces composés halogénés gazeux ont été substitués aux gaz appauvrissant la couche d'ozone grâce à l'application du Protocole de Montréal (1985), ils favorisent en revanche l'effet de serre et font donc partie des six principaux GES inscrits sur la liste du Protocole de Kyoto.

A ce stade de l'analyse, il apparaît que le MDP est un vecteur efficace de diffusion technologique. Ces flux vers le territoire chinois ne sont pas marginaux, 28% des MDP japonais impliquent la diffusion de technologies, représentant 71% des réductions d'émissions permises par l'établissement des projets nippons. Dès lors, la différenciation entre les composantes *software* et *hardware* de la technologie met en évidence la prédominance du transfert de connaissances dans le cadre des MDP, la mise en œuvre de plans de formation des personnels locaux étant plus courante que le transfert d'équipements seuls. Il apparaît de plus que deux facteurs affectent positivement les transferts de technologies sur le territoire chinois : les perspectives environnementales des projets (projets de dépollution / réduction des émissions qui sont de plus forte ampleur environnementale) ainsi que la non disponibilité de substituts locaux à la technologie utilisée (énergie biomasse, équipements *Coke Dry Quenching*). Cette détermination des secteurs les plus porteurs de diffusion technologique mérite alors d'être complétée par une analyse plus systématique, à travers la construction d'une équation de régression logistique ayant pour objectif de déterminer l'effet marginal d'un projet MDP sur la probabilité de transfert.

2.2.3. *Transferts de technologies depuis le Japon vers la Chine et répartition sectorielle des MDP : une analyse par régression logistique*

Afin de compléter cette étude empirique sur les transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine dans le cadre de projets MDP, une équation de régression logistique, se basant sur la méthode du maximum de vraisemblance – *maximum likelihood estimation* – est estimée afin d’analyser les déterminants sectoriels des transferts dans les différents projets, en fonction des technologies mobilisées.

Description des variables et du modèle de régression logistique

La variable dépendante du modèle prend la forme 0 ou 1, selon qu’il y ait ou non des transferts de technologies (0 lorsqu’il n’y a pas de transfert et 1 lorsque cela est le cas). Etant donné que cette variable est binaire, nous avons eu recours à une forme spécifique de régression, dite logistique (logit), à l’instar des modèles développés par Haites *et al.* (2006) et Dechezlepretre *et al.* (2007 ; 2009b). La construction d’une équation de régression linéaire multiple n’est pas appropriée avec une variable explicative prenant une forme dichotomique, étant donné que les hypothèses d’homoscédasticité, de linéarité et de normalité ne sont pas satisfaites lors de l’estimation de coefficients de régression par la méthode des moindres carrés ordinaires [Maddala, 1983 ; Gourieroux, 1989 ; Crépon, 2010].

Dès lors, le modèle estimé dans cette analyse cherche à expliquer le transfert total de technologies (Y), selon un ensemble de variables indépendantes ou explicatives, qui matérialisent la portée environnementale des projets japonais sur le sol chinois (X_1) ainsi que la répartition sectorielle des MDP (X_2 à X_{13}). Ce dernier groupe de variables explicatives possède par nature des caractéristiques dichotomiques : par exemple, un projet enregistré dans la catégorie de l’énergie hydraulique prend la valeur de 1 dans cette catégorie et celle de 0 dans les autres catégories de projets. Le Tableau III.6 fournit la description des variables utilisées lors de la régression logistique.

Tableau III.6. Variables expliquée et explicatives utilisées dans le modèle de régression logistique

Variables	Code	Nombre de réponses positives / total
Variable dépendante Transfert de technologies	<i>Y</i>	69/246 (28.0%)
Variables explicatives		
Réductions des émissions (ktCO ₂ /an)	<i>X₁</i>	Variable continue
Hydraulique	<i>X₂</i>	165/246 (67.1%)
Biomasse	<i>X₃</i>	3/246 (1.2%)
Eolien	<i>X₄</i>	19/246 (7.7%)
Récupération des gaz d'enfouissement	<i>X₅</i>	5/246 (2.0%)
Décomposition des HFC	<i>X₆</i>	5/246 (2.0%)
Réduction des émissions de N ₂ O	<i>X₇</i>	7/246 (2.8%)
Récupération de méthane houiller	<i>X₈</i>	8/246 (3.3%)
Efficacité énergétique dans la génération d'énergie	<i>X₉</i>	15/246 (6.1%)
Evitement du méthane	<i>X₁₀</i>	11/246 (4.5%)
Substitution de combustibles fossiles	<i>X₁₁</i>	3/246 (1.2%)
Cimenteries	<i>X₁₂</i>	4/246 (1.6%)
Reforestation / afforestation	<i>X₁₃</i>	1/246 (0.4%)

L'équation de régression logistique estimée grâce à la méthode du maximum de vraisemblance est donnée par la formule ci-dessous (1), où *Y* est la variable dépendante – le transfert de technologies – et *X* = (*X*₁ ; *X*₂ ; [...] ; *X*_{*j*}) est l'ensemble des variables explicatives décrites ci-dessus.

$$(1) \quad \frac{p((X / Y) = 1)}{p((X / Y) = 0)} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + [\dots] + \beta_j x_j}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + [\dots] + \beta_j x_j}}$$

Etant donnée la présence de multi-colinéarité entre les variables explicatives, les données ont été au préalable corrigées et rendues orthogonales [Kpodar, 2007].

Résultats

Les résultats de cette équation sont présentés de façon synthétique dans le Tableau III.7. Etant donnée la méthode d'estimation, seul le signe des coefficients de régression peut être interprété. Ainsi, afin de faciliter l'interprétation de ces résultats nous aussi avons également exprimé les effets marginaux de chacune de nos variables explicatives : « *les effets marginaux mesurent la sensibilité de la probabilité de l'évènement $y_i=1$ par rapport à des variations*

dans les variables explicatives » [Hurlin, 2003, p.17]. La procédure d'estimation a conduit à supprimer les variables pour lesquelles les prédictions sont parfaites. Ainsi, l'analyse empirique des projets japonais en Chine a mis en évidence le fait qu'aucun des projets enregistrés dans la catégorie cimenterie n'entraîne de diffusion technologique, et que tous les projets liés à la décomposition des HFC, la réduction des émissions de N₂O, la substitution de combustibles fossiles et au boisement entraînent des transferts de technologies. Dès lors, ces catégories de projets sont supprimées de l'analyse logistique étant donné que les prédictions liées à ces variables sont parfaites. De plus, la variable « hydraulique » a été supprimée du fait de la présence de colinéarité qui ne peut être corrigée.

Tableau III.7. Régression logistique selon l'estimateur du maximum de vraisemblance – Coefficients de régression et effets marginaux

	Transfert de technologies	
	Coefficients de régression	Effets marginaux
Réductions des émissions Hydraulique	.0014 * (.00089)	.0002 * (.00014)
Biomasse	.2894 ** (.13694)	.0462 ** (.02202)
Eolien	.6181 *** (.14017)	.0987 *** (.02251)
Récupération des gaz d'enfouissement	.3429 *** (.13349)	.0547 *** (.0214)
Décomposition des HFC		
Réduction des émissions de N ₂ O		
Récupération de méthane houiller	.3638 ** (.14400)	.0581 ** (.02314)
Efficacité énergétique dans la génération d'énergie	.4446 *** (.1369)	.0710 *** (.0215)
Evitement du méthane	.3121 ** (.14005)	.0710 ** (.02206)
Substitution de combustibles fossiles		
Cimenteries		
Reforestation / afforestation		
Constante	-1.6555 *** (.24078)	
LR χ^2	41.45	
Nombre d'observations utilisées	226	
Probabilité > χ^2	0.0000	
Pseudo R ²	0.1684	
Pourcentage classé correctement	80.09% (Modèle null : 71.96%)	

Notes : les valeurs entre parenthèses représentent les erreurs standards.

Par convention, * indique une significativité au seuil de 10%, ** à 5% et *** à 1%.

Le pseudo R² et le pourcentage d'observation correctement classée sont des indications sur le pouvoir explicatif du modèle. Si le modèle prédit une probabilité de transfert de technologie supérieure à 0.5 pour un projet étant données ses caractéristiques environnementales et sectorielles, il est classé correctement s'il y a réellement transfert de technologie et incorrectement si ce n'est pas le cas. Du même ordre, si la probabilité de transfert prédite est inférieure à 0.5, le MDP sera classé correctement s'il n'y a pas de transfert de technologies affiché et incorrectement s'il y en a [Haïtes *et al.*, 2006]. Dès lors, le modèle prédit 80.09% des résultats correctement, 19.91% des observations sont donc classées incorrectement par le modèle. Dans le cas d'un modèle avec seulement une constante et aucun transfert de technologie (modèle null), cas majoritaire, 71.96% des observations sont classées correctement.

L'analyse des coefficients de régression démontre dans un premier temps que toutes les variables explicatives sont reliées positivement et significativement à la variable expliquée, la probabilité de transfert de technologies. De plus, les coefficients de régression les plus élevés apparaissent affectés aux projets éoliens (0.6181) et à ceux d'amélioration de l'efficacité énergétique dans la génération d'énergie (0.4446). Ces deux secteurs contribuent alors davantage à une dynamique de transfert de technologies vertes vers le territoire chinois. Ce résultat n'est pas surprenant étant donné que ces catégories de MDP mobilisent des technologies environnementales novatrices en adéquation avec la stratégie climatique chinoise ; laquelle se focalise sur l'accroissement de l'efficacité énergétique et le développement de l'utilisation de sources d'énergie renouvelables.

L'analyse des effets marginaux de chacune des variables explicatives facilite l'interprétation des résultats. Ces résultats appellent trois commentaires principaux :

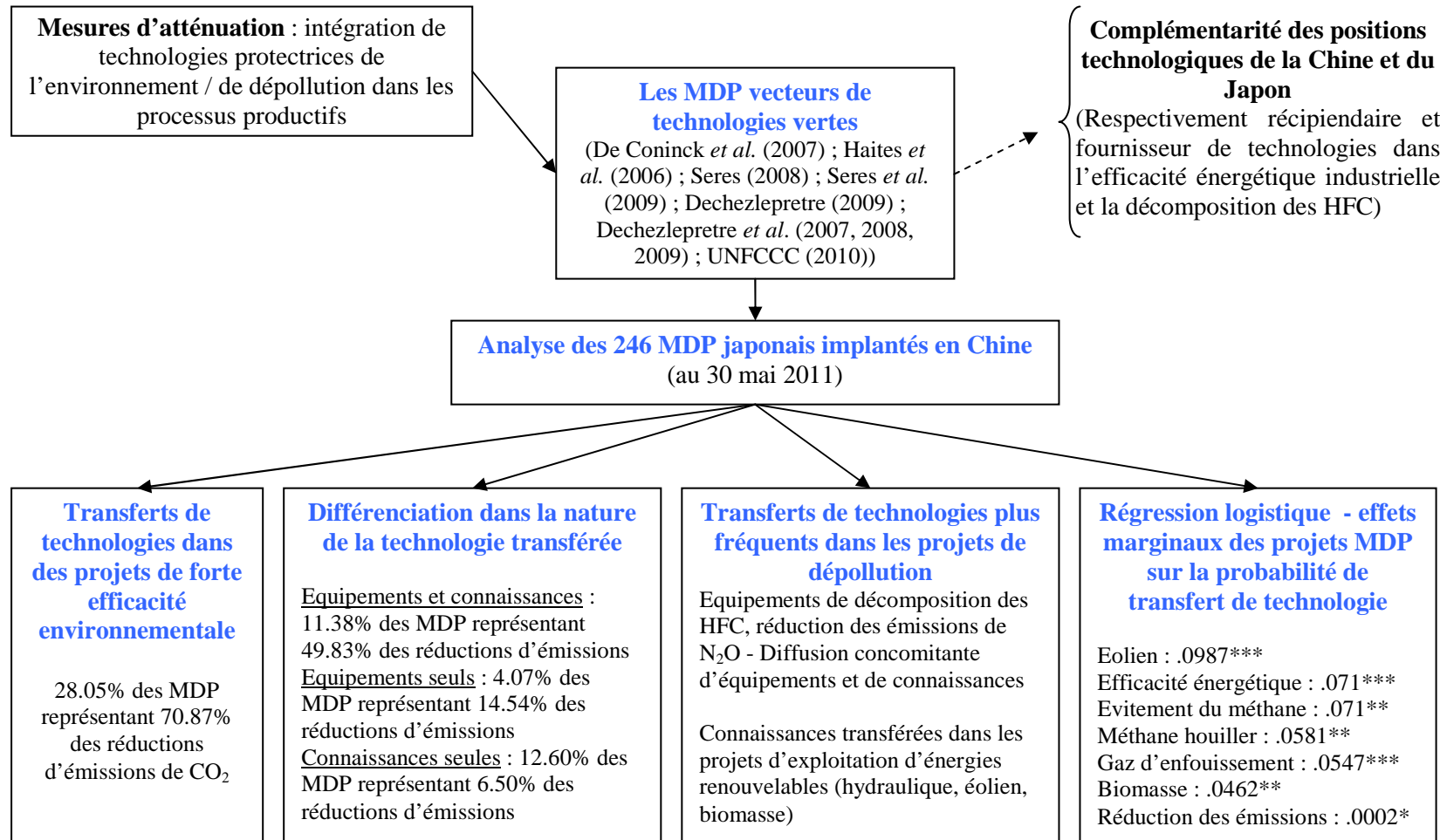
i. Premièrement, il apparaît que toutes les catégories de projets japonais agissent positivement et significativement sur la probabilité de transfert de technologie dans les MDP en Chine, même si les effets marginaux sont disparates.

ii. Deuxièmement, l'effet des projets éoliens sur la probabilité de transfert de technologies en Chine est plus important que celui des autres catégories de projets : la mise en œuvre d'un projet éolien supplémentaire conduirait à une augmentation de 9.9% de la probabilité de transfert de technologie. Ce second résultat concorde avec celui de Haites *et al.* (2006) à partir de l'analyse de 854 MDP. Du même ordre, les MDP enregistrés dans les catégories de l'efficacité énergétique et de l'évitement du méthane aurait une tendance plus forte à entraîner des transferts de technologie : l'implantation d'un projet supplémentaire dans l'une de ces deux catégories conduirait à accroître la probabilité de diffusion technologique de 7.1%.

iii. Troisièmement, la taille du projet exprimée à partir de son efficacité environnementale a un effet positif et significatif sur les transferts de technologie en Chine, mais cet impact est quasiment nul (0.02%), ce qui ne nous permet pas de valider le résultat de Haites *et al.* (2006) dans le cas des MDP sino-japonais.

Au terme de cette section, il apparaît que les MDP constituent un vecteur de diffusion technologique significatif. Les technologies vertes transférées dans leur cadre permettent aux PED récipiendaires de mettre en œuvre des stratégies d'atténuation, lesquelles ont des impacts environnementaux mais aussi économiques. Les études empiriques précédentes ont mis en évidence le fait que le taux de transfert de technologies diminue avec l'augmentation du nombre de projets similaires dans un PED, reflétant une dynamique d'appropriation locale des technologies vertes et de diffusion interne au pays récipiendaires [UNFCCC, 2010]. Dès lors, les interactions avec les entreprises domestiques et la formation des personnels locaux sont autant de facteurs qui facilitent l'appropriation domestique des technologies environnementales innovantes. L'analyse empirique menée dans ce chapitre, visant à quantifier les transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine *via* le MDP, met en évidence le fait que les projets transférant des technologies sont de forte efficacité environnementale (28% des MDP représentant 71% des réductions d'émissions). La majorité des transferts prend la forme d'une transmission de connaissances (12.6% des MDP). Bien que la diffusion concomitante d'équipements et d'éléments *software* connaisse un taux de transfert inférieur (11.4% des MDP), leur portée environnementale est plus importante (49.8% des réductions d'émissions). De plus, ce sont surtout des MDP de traitement et de dépollution qui engendrent une dynamique de diffusion technologique, illustrée par la transmission concomitante d'équipements et de connaissances. Enfin, une analyse plus systématique de la probabilité de transfert de technologies selon les activités des projets démontre qu'un projet éolien supplémentaire accroît la probabilité de transfert de 9.9%, et qu'un projet additionnel dans les catégories de l'efficacité énergétique ou de l'évitement du méthane conduit à accroître la probabilité de diffusion technologique de 7.1% (Cf. Schéma III.4).

Schéma III.4. Propos d'étape de la Section 2 du Chapitre 3 – Mécanismes pour un Développement Propre et transferts de technologies : l'importance des partenariats sino-japonais



CONCLUSION DE CHAPITRE

Au terme de chapitre sur les transferts de technologies environnementales dans le cadre de projets MDP, deux principaux résultats ont été mis en évidence :

D'une part, les MDP constituent un vecteur de ressources financières, technologiques et en matière d'expertise aux PED. La Chine est la première destination mondiale des MDP et le cadre institutionnel encadrant le mécanisme lui a permis d'orienter les projets MDP vers les secteurs stratégiques. Dès lors, la répartition sectorielle des MDP en Chine (globale et provenant du Japon) est en adéquation avec ses priorités énergétiques et climatiques domestiques : développement de l'utilisation de sources d'énergie renouvelables (hydraulique, éolien) et amélioration de l'efficacité énergétique. Les autorités chinoises sont conscientes de l'obsolescence des technologies de production et d'exploitation de l'énergie sur leur territoire ; l'orientation des MDP vers le secteur énergétique permet alors de doper la diffusion technologique environnementale et d'améliorer l'indicateur d'intensité énergétique. Le MDP apparaît alors comme un outil d'intégration des PED dans le régime climatique de Kyoto, le potentiel de réduction des émissions dans ces économies étant significatif.

D'autre part, bien que la vocation de transferts de technologies ne soit pas prioritaire dans les textes du Protocole relatifs au MDP, les études empiriques dans ce champ ont démontré la présence d'un processus de diffusion technologique dans près d'un tiers des MDP. L'analyse des transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine *via* le MDP a mis en évidence quatre résultats principaux. Premièrement, les transferts de technologies depuis le Japon vers la Chine apparaissent dans des projets avec un potentiel environnemental significatif (28% des MDP représentant 71% des réductions d'émission de CO₂). Deuxièmement, lorsque la différenciation entre *software* et *hardware technologies* est effectuée, il apparaît que le processus de diffusion concomitant d'équipements novateurs et de connaissances prédomine dans les MDP Japon-Chine, lesquels sont eux-mêmes caractérisés par une forte efficacité environnementale – 11.4% des MDP représentant 50% des réductions d'émissions. Troisièmement, les transferts de technologies sont plus fréquents dans les projets de dépollution / réduction des émissions, principalement dans les secteurs de la récupération des HFC et du N₂O. Quatrièmement, une analyse plus systématique de la relation entre l'activité du MDP et la probabilité de transfert de technologies (estimation d'une équation de régression logistique) démontre que les projets enregistrés dans la catégorie de l'exploitation de l'énergie éolienne, dans l'efficacité énergétique ainsi que dans le secteur de l'évitement du méthane ont les effets marginaux les plus élevés sur la probabilité de diffusion technologique entre les deux pays.

CONCLUSION GÉNÉRALE

« Il était une fois, quand le monde était encore jeune et innocent face aux réalités du changement climatique qui allaient émerger dans la décennie suivante, le Japon a pris ses responsabilités et a ouvert la voie à la protection du climat. En conséquence, le seul Protocol multilatéral opérationnel qui contraint les nations à la promesse d'un avenir atmosphérique stable porte le nom de la ville qui représente l'âme du Japon. (...) Vous [le Japon] conduisez les pays à croire profondément dans l'innovation et l'accès technologique, dans le renforcement des capacités et le transfert de connaissances et dans les mécanismes de marché qui aideraient à déterminer les réductions de dioxyde de carbone les moins chères et les plus efficaces. Il y a un vieux proverbe qui dit, "débuter est facile – continuer, difficile". »

Extrait du discours de Christiana FIGUERES, Secrétaire Exécutive de la CCNUCC, Symposium de l'*Institute for Global Environmental Strategies*, Tokyo, 28 février 2011.

Les questions de diffusion des technologies environnementales vers les pays en développement, bien que présentes dans les agendas des sommets internationaux (OCDE, UNFCCC, OMC), demeurent des problématiques rarement appréhendées dans une optique empirique. Les effets positifs de l'ouverture économique sur l'environnement ont été mis en avant à partir des années 1990, notamment à l'occasion du Sommet de la Terre de Rio. La Banque Mondiale, mais aussi l'OMC, ont alors repris l'argument selon lequel une intensification des flux commerciaux conduit à augmenter les niveaux de revenus par habitant, lesquels contribuent alors à accroître les préoccupations environnementales au sein des nations et favorisent le changement technologique.

Les analyses quantitatives de la décennie 1990 se sont concentrées sur les effets de l'ouverture internationale sur les émissions de polluants (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, dioxyde de carbone), les problématiques de diffusion technologique étant intégrées dans l'analyse des impacts de l'ouverture économique sur ces émissions, sans pouvoir par ailleurs en mesurer l'ampleur [Grossman *et al.*, 1993 ; Copeland *et al.*, 1994]. Cette question des modifications des techniques de production vers des méthodes plus respectueuses de l'environnement, est plus précisément intégrée à l'effet « technique » ou « technologique » du commerce international mis en évidence par Grossman *et al.* (1993) et repris depuis par l'OCDE (2008), la diffusion des technologies environnementales étant implicitement incorporée à cet effet technique.

Les analyses spécifiques aux transferts de technologies vertes de la fin des années 1990 [Coe *et al.*, 1997 ; Blackman, 1999 ; 2002 ; GIEC, 2000] ont mis en évidence une multiplicité de vecteurs de diffusion vers les PED, et les analyses empiriques des années 2000 se sont concentrées sur des canaux en particulier [Dechezlepretre, 2009 ; Dechezlepretre *et al.*, 2008 ; 2010 ; Johnstone *et al.*, 2009 ; Haščič *et al.*, 2010]. Les analyses dédiées à la diffusion des technologies environnementales vers les PED restent néanmoins peu nombreuses et très récentes, les méthodologies de quantification des transferts ne sont donc pas stabilisées.

L'objet de la thèse est de quantifier le contenu environnemental des relations économiques entre le Japon et la Chine, en analysant trois canaux de transfert de technologies vertes. Le choix de restreindre le cadre d'analyse aux transferts depuis le Japon vers la Chine se justifie par plusieurs facteurs, lesquels mettent en avant une situation de complémentarité de ces deux économies. D'abord, la Chine et le Japon sont parmi les principaux partenaires commerciaux l'un pour l'autre, échangeant des biens à forte intensité capitalistique contre des produits à faible valeur ajoutée. Ensuite, le différentiel de développement entre ces deux nations, l'avance technologique du Japon, ainsi que les interdépendances liées à la division régionale des processus productifs impulsée par les firmes nippones dans la zone asiatique ont laissé présager une dynamique de diffusion technologique élevée. De plus, ce différentiel de développement entre le Japon et la Chine a été institutionnalisé dans le cadre de l'UNFCCC par leur appartenance à des Annexes différentes du Protocole de Kyoto. Bien que la Chine soit le premier émetteur de GES depuis 2006, son statut de PED lui a permis de ne pas prendre d'engagements quantitatifs de réduction des émissions dans le cadre du Protocole, à la différence du Japon qui appartient à l'Annexe B.

Enfin, les relations étroites entre ces deux nations se sont récemment approfondies dans le secteur monétaire, les médias chinois ayant annoncé le 28 mai 2012 que la Chine et le Japon commenceront un échange direct de leur devise, le yen et le yuan, à partir du 1^{er} juin 2012. L'une de ces deux monnaies peut désormais être utilisée dans leurs échanges bilatéraux, sans que le dollar ne soit utilisé comme pivot dans la détermination du taux de change.

Cet ensemble de facteurs reflète alors la complémentarité de ces deux économies et justifie l'analyse du contenu environnemental de leurs relations économiques. Etant donnée la diversité des vecteurs de technologies environnementales, nous avons choisi d'analyser trois canaux de transfert, se basant sur trois grappes de travaux académiques distinctes mais complémentaires :

- D'abord, **le premier chapitre** de la thèse a analysé les flux commerciaux comme des vecteurs de technologies environnementales depuis le Japon et le reste du monde vers la Chine. Plus précisément, il a été mis en évidence que les importations chinoises de biens environnementaux, de biens d'équipements et de biens de haute technologie lui permettent d'acquérir des biens finaux et des équipements dont les utilisations engendrent de moindres dégradations environnementales comparativement à leurs substituts disponibles localement.
- Ensuite, **le deuxième chapitre** s'est focalisé sur les familles internationales de brevets afin de déterminer des transferts de technologies environnementales du Japon vers la Chine. Ces données sur les brevets ont alors permis de mesurer les flux technologiques liés à l'implantation des firmes nippones en Chine, ou à la commercialisation des technologies novatrices japonaises sur ce territoire. Ce canal de transfert est celui qui a suscité le plus de littérature, compte tenu de la disponibilité et de la qualité des données sur les brevets.
- Enfin, **le troisième et dernier chapitre** de la thèse a étudié les MDP comme canaux de transfert de technologies environnementales de nature hybride, supportés par le secteur privé mais dont l'encadrement relève des institutions internationales. L'analyse des MDP japonais en Chine a permis de déterminer l'importance des flux d'équipements et de connaissances entrant sur le territoire chinois grâce à l'établissement de ces projets.

Cette démonstration a abouti à deux séries de résultats principaux :

La première série de résultats est de nature quantitative et se concentre sur les transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine. Ces résultats ont été mis en évidence grâce à l'étude de trois canaux de transfert de technologies environnementales.

- D'abord, les importations chinoises de biens d'équipements, de biens de haute technologie et de biens environnementaux sont des canaux de diffusion de technologies environnementales : les firmes chinoises pouvant mettre à l'œuvre un processus d'imitation, d'adaptation de la technologie et des étapes successives d'innovation. Le renversement du solde de la balance commerciale chinoise dans certains biens environnementaux à haute valeur ajoutée a témoigné de l'acquisition des technologies intégrées dans ces biens, étant donné que les firmes chinoises en sont devenues exportatrices nettes. Ce résultat mérite d'être relativisé par la présence de firmes étrangères sur le territoire chinois et par la dynamique de division internationale des processus productifs. Toutefois, les estimations d'équations de régressions linéaires multiples (estimateur des moindres carrés ordinaires) entre les flux entrant sur le territoire chinois et le verdissement de sa croissance économique ont mis en évidence le fait que les importations de biens de haute technologie influencent négativement l'intensité carbonique et énergétique du PIB chinois. De plus, le contenu environnemental des exportations japonaises de biens de haute technologie vers le territoire chinois est supérieur à celui des autres partenaires commerciaux de la Chine, reflétant l'avance technologique du Japon particulièrement dans la sphère environnementale.

- Ensuite, les données sur les familles internationales de brevets ont permis de mettre en évidence les types de technologies transférées : les technologies transférées visent principalement à diminuer les niveaux de pollutions atmosphériques (à hauteur de 73% à 76% des brevets enregistrés au Japon et en Chine selon les méthodologies utilisées pour déterminer les transferts), et dans une moindre mesure, à exploiter les énergies solaires (entre 11% et 16% des transferts) et éoliennes (8% des brevets japonais dont la protection est étendue au territoire chinois).

- Enfin, l'analyse des MDP japonais en Chine démontre que les technologies sont transférées dans des projets de forte efficacité environnementale : 28% des MDP engendrent un transfert de technologies, lesquels représentent 71% des réductions d'émissions de CO₂. La diffusion de connaissances seules domine les transferts (12.6% des MDP transférant des technologies), même si la dynamique de diffusion concomitante d'équipements et de connaissances représente 11.4% des transferts. Les transferts de technologies apparaissent

principalement dans le cadre de projets hydrauliques (30.43%) ainsi que dans les projets éoliens (15.94%). Si l'on exprime ces transferts par leur portée environnementale, ce sont majoritairement des équipements de décomposition des HFC qui sont transférés, ces derniers représentent 67.7% des réductions d'émissions de CO₂ des projets japonais transférant des technologies en Chine. En dernier lieu, l'estimation d'une équation de régression logistique a démontré que les projets enregistrés dans les catégories d'exploitation de l'énergie éolienne, dans l'efficacité énergétique ainsi que dans le secteur de l'évitement du méthane ont les effets marginaux les plus élevés sur la probabilité de diffusion technologique entre les deux pays.

La seconde série de résultats est de nature qualitative et se concentre sur les orientations des pouvoirs publics aux transferts de technologies environnementales ; démontrant que les firmes étrangères sont incitées à transférer des connaissances et équipements novateurs dans le domaine de l'environnement. D'abord, les capacités technologiques chinoises et les montants croissants affectés par les pouvoirs publics aux activités de recherche et développement sont apparus comme des capacités d'absorption facilitant l'acquisition de technologies novatrices. Ensuite, l'environnement institutionnel chinois, en termes de renforcement de la protection des droits de propriété intellectuelle mais aussi en termes de législations sur les investissements entrants (IDE et MDP), sécurise l'environnement d'investissement et facilite l'implantation de firmes nippones sur son territoire. Les pouvoirs publics chinois ont alors orienté fiscalement les investissements vers des secteurs stratégiques et des zones géographiques précises, afin de favoriser les transferts et les effets d'agglomération. Ce dernier résultat est particulièrement remarquable dans le cas de l'établissement de projets MDP japonais en Chine, étant donné que les MDP constituent un vecteur de ressources financières, technologiques et en matière d'expertise aux PED. Dès lors, la répartition sectorielle des MDP en Chine est guidée par un système de taxation sur les crédits d'émissions pour que cette dernière soit en adéquation avec les priorités énergétiques et climatiques domestiques : développement de l'utilisation de sources d'énergie renouvelables (principalement hydraulique et éolienne) et amélioration de l'efficacité énergétique.

En somme, l'analyse présentée dans la thèse a démontré que les relations économiques entre le Japon et la Chine engendrent la diffusion de technologies environnementales. Les importations chinoises de biens et de capitaux depuis le Japon peuvent alors être bénéfiques à

la qualité de l'environnement, cet « effet technique » du commerce international étant renforcé par les incitations gouvernementales aux transferts de technologies vertes. Enfin, l'écart de développement entre la Chine et le Japon, respectivement pays en développement et pays industrialisé de l'OCDE, favorise la diffusion technologique au travers des flux économiques.

Nous pouvons dorénavant nous interroger sur l'avenir d'un canal de transfert particulier qu'est le MDP. Ainsi, bien que le potentiel de réduction des émissions et les flux mobilisés dans le cadre de MDP ne soient pas substantiels, ce mécanisme fournit des ressources additionnelles aux pays en développement et participe, en particulier, à favoriser une dynamique « d'apprentissage » quant à la mise en œuvre de politiques de *mitigation* et *d'adaptation* dans ces pays. L'expiration de la première période d'engagement du Protocole de Kyoto à la fin de l'année 2012 explique l'incertitude sur le devenir des MDP, vecteurs de diffusion technologique vers les pays en développement. De plus, la croissance des émissions et le niveau d'intensité carbonique de l'économie chinoise engendrent de vives critiques quant à son statut de pays non-Annexe B du Protocole, la signature d'une seconde période d'engagement de réduction des émissions de carbone dépendant de son accord (avec celui des Etats-Unis) sur l'établissement d'objectifs quantitatifs de réduction. Les résultats de la Conférence de Durban en décembre 2011 (COP17), bien qu'insuffisants face à l'urgence climatique, lancent les prémises d'un prolongement du cadre légal de réduction des émissions. L'accord opérationnalise un fonds vert de 100 milliards de dollars pour le financement des politiques de changements climatiques dans les PED, engage les principaux émetteurs de dioxyde de carbone à ratifier à l'horizon 2015 un traité contraignant en matière climatique, et relance les questions de diffusions technologiques vers les pays les moins développés en réponse aux problèmes liés aux changements climatiques. Ainsi, le rapport de la COP17 du Comité sur les Technologies -*Technology Executive Committee* – souligne l'importance de déterminer les besoins technologiques des pays afin de renforcer les transferts et de favoriser un environnement adéquat pour l'absorption et l'appropriation de ces

dernières¹²³. Le prochain rendez-vous climatique du 26 novembre au 07 décembre 2012 à Doha (COP18) permettra alors de déterminer l'avenir du Protocole, sachant que ce dernier serait vidé de son sens sans la prise d'engagements quantitatifs de réduction des principaux émetteurs, et en particulier de la Chine et des Etats-Unis. La question de l'innovation environnementale, et en particulier de la diffusion des technologies vertes vers les pays en développement, demeure alors largement dépendante de la mise en œuvre d'un accord contraignant sur le climat.

¹²³ Il est demandé au Centre et au Réseau des Technologies Climatiques, de « a) Recenser les technologies sans incidence sur le climat actuellement disponibles pour l'atténuation et l'adaptation afin de répondre aux besoins essentiels d'un développement à faible intensité de carbone et résilient face aux changements climatiques, b) Faciliter l'élaboration de propositions de projets portant sur le déploiement, l'utilisation et le financement des technologies existantes pour l'atténuation et l'adaptation, c) Faciliter l'adaptation et le déploiement des technologies actuellement disponibles afin de répondre aux besoins et aux contextes locaux, d) Faciliter la recherche, la mise au point et la démonstration de nouvelles technologies sans incidence sur le climat pour l'atténuation et l'adaptation, qui sont tenues de répondre aux objectifs essentiels du développement durable; e) Accroître, aux niveaux national et régional, les capacités humaines et institutionnelles permettant de gérer le cycle technologique (...) » [Nations-unies, 2012, Article 135].

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1. Dotations factorielles chinoises et japonaises et écarts de développement	288
ANNEXE 2. Profil commercial de la Chine et importations depuis le Japon par stade de production des biens (1967-2009)	294
ANNEXE 3. Profil commercial de la Chine et importations depuis le Japon par niveau technologique des biens (1967-2009)	296
ANNEXE 4. Liste de l'OCDE des biens environnementaux – Catégories et codes du Système Harmonisé	300
ANNEXE 5. Indicateurs du commerce de biens et services environnementaux pour les pays industrialisés et en développement	305
ANNEXE 6. Principaux exportateurs de biens environnementaux en 2006	306
ANNEXE 7. Principaux importateurs de biens environnementaux en 2006	308
ANNEXE 8. Liste des produits et technologies liés aux énergies renouvelables primaires - Catégories et codes du Système Harmonisé	310
ANNEXE 9. Tests statistiques - Modèles de régressions linéaires multiples par l'estimateur des moindres carrés ordinaires	311
ANNEXE 10. Caractéristiques des activités de recherche et développement en Chine	315
ANNEXE 11. Demandes de brevets enregistrées sous le Patent Co-operation Treaty (PCT)	316
ANNEXE 12. Les zones économiques spéciales en Chine	318
ANNEXE 13. Transferts internationaux de technologies vertes sélectionnées, depuis les pays de l'Annexe I vers les pays non-Annexe I (1988-2007)	319
ANNEXE 14. MDP implantés en Chine, répartis par provinces	321

Annexe 1

Dotations factorielles chinoises et japonaises et écarts de développement

Plusieurs indicateurs permettent d'illustrer l'écart de développement entre le Japon et la Chine. Qu'ils aient traités au niveau de développement économique, à la santé des populations domestiques, ou encore à l'éducation, tous ces indicateurs mettent en évidence le différentiel de développement économique et social entre les économies chinoise et japonaise.

Lorsque l'on considère l'IDH -indice statistique composite développé par le PNUD- alors que le Japon est enregistré dans la catégorie « développement humain très élevé » avec un IDH à 0.901, la Chine ne se situe que dans la catégorie « développement humain moyen », avec un indice s'établissant à 0.687 (Cf. Encadré I.1). Deux catégories de facteurs expliquent principalement cette différence de niveau de développement humain entre le Japon et la Chine : le niveau de revenu per capita beaucoup plus faible en Chine (7.476 dollars contre 32.295 dollars au Japon) ainsi que les indicateurs témoignant de l'état de santé de la population (l'espérance de vie à la naissance, le taux de mortalité chez les moins de cinq ans et les dépenses de santé exprimées en points de PIB).

De plus, l'analyse des dotations factorielles chinoise et japonaise montre que ces pays connaissent des écarts démographiques, en termes de qualification de la main-d'œuvre et de dotations capitalistiques.

Ainsi, la population chinoise a doublé entre 1960 et 2010, atteignant 1.34 milliards ; alors qu'entre ces mêmes dates, la population japonaise n'a crû que de 37.8%, parvenant au niveau de 127.45 millions de personnes en 2010 [Banque Mondiale¹²⁴]. Cette surpopulation permet alors à la Chine de disposer d'un excédent de main-d'œuvre que n'a pas le Japon, excédent servant de variable d'ajustement face aux variations conjoncturelles. Le Japon connaît, à l'inverse, une diminution de sa population active du fait de la chute de la natalité et de vieillissement de sa population. L'écart de développement entre la Chine et le Japon explique ces différences démographiques, impactant sur la nature de leur spécialisation productive. La Chine est dans une situation d'excédent global de main-d'œuvre étant donné que la croissance chinoise a été pauvre en emplois. Selon Françoise Lemoine, de 1995 à 2002, le PIB chinois a augmenté en moyenne de 8.5% par an alors que l'emploi a seulement cru de

¹²⁴ Données disponibles sur le site de la Banque Mondiale, à l'adresse <<http://donnees.banquemondiale.org/>>

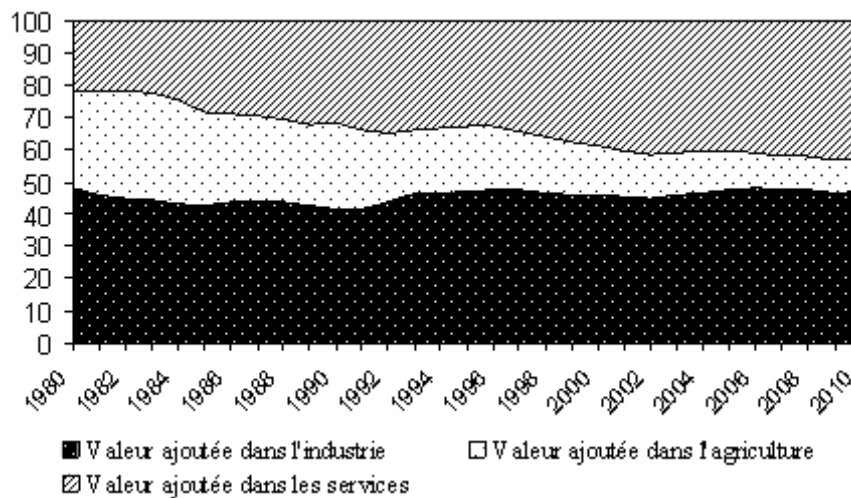
1%. Ce phénomène s'exprime plus nettement encore dans l'industrie : la production a doublé entre ces dates alors que l'emploi a stagné [Lemoine, 2006a ; 2006b].

L'économie chinoise connaît de plus une situation de sous-emploi agricole et de migrations internes¹²⁵ fortes qui ne font que grossir les effectifs des populations en recherche d'emplois dans les villes. Au cours des trente années qui ont suivi la dé-collectivisation, le poids des actifs employés dans le secteur agricole n'a cessé de diminuer. Représentant 68.7% de la population active en 1980 (10.4% au Japon), la population employée dans le secteur agricole ne représente plus que 36.9% de la population active en 2008 (4.2% au Japon).

La structure productive des économies chinoise et japonaise témoigne alors de leur écart de développement, mais aussi, depuis les années 1980, de la tertiarisation croissante de l'économie chinoise (Cf. Graphiques 1 et 2). Depuis 1980, la part de l'industrie dans la valeur ajoutée globale en Chine est restée stable, représentant approximativement 50% du PIB, et la population employée dans ce secteur est passée de 18% en 1980 à 27.2% de l'emploi total en 2010. L'économie japonaise connaît, à l'inverse, une diminution de la part de l'industrie dans son PIB, passant de 40.7% en 1980 à 29.7% en 2009 [données de la Banque Mondiale].

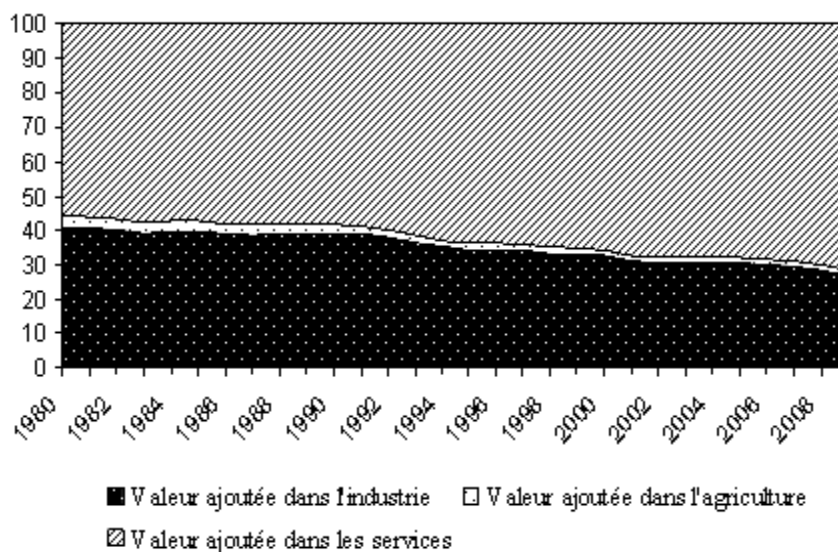
¹²⁵ Les paysans chinois se déplacent massivement vers les zones urbaines, les « *míngōng cháo* », vagues d'ouvriers paysans, satisfont ainsi aux besoins accrus de main-d'œuvre en Chine urbaine en plein développement. L'essentiel des migrants provient des provinces intérieures, immédiatement voisines des zones côtières développées (de la province de l'Anhui vers celle du Jiangsu, ou bien du Hunan et du Jiangxi vers la province du Guangdong). Les migrations et l'exode rural sont freinés par l'existence des « *hùkǒu* », registres de familles qui distinguent les habitants des villes de ceux des campagnes et limitent les migrations internes. Selon Aubert (2005), le nombre de migrants temporaires travaillant au moins six mois de l'année en ville est évalué à 150 millions de personnes, soit 11% de la population totale en 2010 [pour plus de détails sur les migrations internes en Chine, consulter Aubert, 2005 et Aubert *et al.*, 2002].

Graphique 1 Valeur ajoutée dans les services, l'industrie et l'agriculture en Chine
(en % du PIB)



Source : D'après les données fournies par la Banque Mondiale, disponibles à l'adresse <<http://donnees.banquemondiale.org/theme>>

Graphique 2 Valeur ajoutée dans les services, l'industrie et l'agriculture au Japon
(en % du PIB)



Source : D'après les données fournies par la Banque Mondiale, disponibles à l'adresse <<http://donnees.banquemondiale.org/theme>>

Ces modifications structurelles témoignent alors de l'évolution des spécialisations productives chinoise et japonaise. L'économie chinoise possède le facteur travail en abondance et est spécialisée sur des créneaux de production intensifs en main-d'œuvre. A

l'inverse, les dotations capitalistiques du Japon expliquent sa spécialisation dans les productions intensives en facteur capital.

Les statistiques internationales disponibles concernant la productivité du travail ne permettent pas de comparaison entre les niveaux de productivité dans les industries chinoises et japonaises (les données de l'OCDE n'étant pas disponibles pour la Chine). Toutefois, les travaux de Rouen et Manyin (2002) sur la comparaison des performances manufacturières entre la Chine et l'Allemagne confirment le faible niveau de productivité en Chine, ce dernier s'établissant à 7% du niveau allemand (et à 5% lorsque sont incluses les petites entreprises chinoises). Il est toutefois important de souligner que ce sont les entreprises étrangères qui connaissant les niveaux de productivité les plus élevés en Chine, étant donné qu'elles utilisent des technologies plus efficaces que les entreprises domestiques. Les niveaux de productivité sont ainsi plus élevés dans les secteurs où les IDE sont importants (secteur électronique, du cuir et de l'habillement ainsi que des équipements électriques) [Lemoine, 2002a].

La situation du Japon contraste avec celle de la Chine : la productivité du travail pour l'ensemble de l'économie japonaise représente 95% du niveau américain en 2010 et est identique au niveau allemand [données OCDE]. Trois différentes raisons peuvent être invoquées pour expliquer les écarts entre les niveaux de productivité chinois et japonais. D'abord, les écarts entre les structures des industries justifient des différences de productivité. Les industries chinoises sont surtout concentrées sur des secteurs intensifs en travail avec une faible valeur ajoutée, alors que les industries japonaises concernent principalement des activités à forte intensité capitaliste, avec une forte valeur ajoutée [Lemoine *et al.*, 2002a ; Kwan, 2004]. Ensuite, la rigidité des structures organisationnelles chinoises, surtout dans les industries d'assemblage, explique partiellement le bas niveau de productivité lié à une division du travail incomplète. Enfin, la Chine est confrontée à un problème de surplus d'effectif à l'intérieur des entreprises d'état, difficulté que les réformes institutionnelles n'ont pas encore résolu [Zheng, 2004].

Du même ordre, les écarts de rémunérations entre ces deux économies expliquent également leur spécialisation productive. Selon les données du Bureau International du

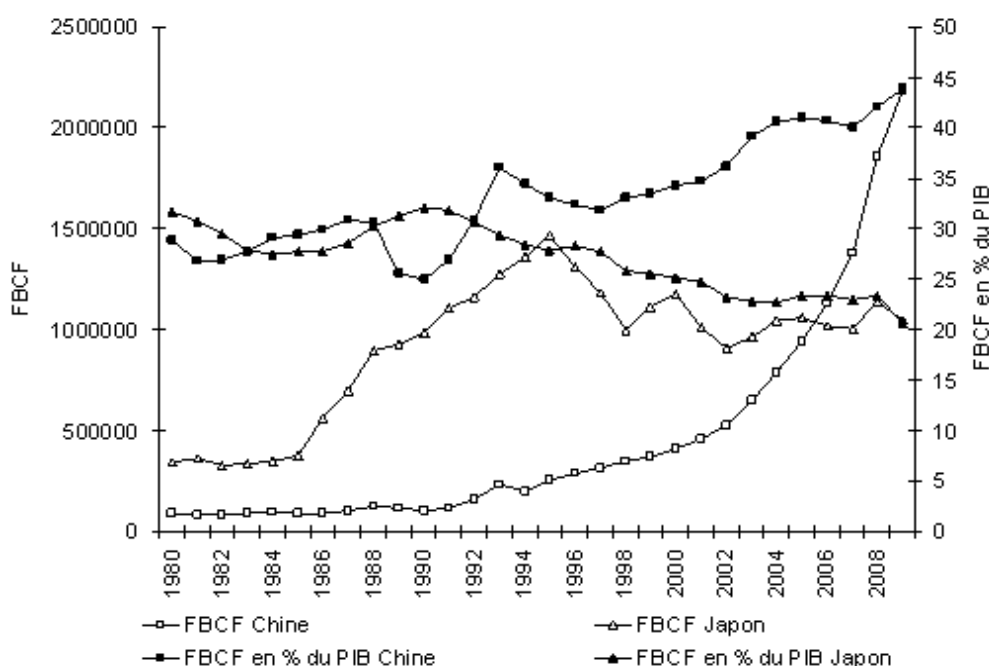
Travail (BIT)¹²⁶, le niveau de rémunération dans l'industrie manufacturière au Japon est onze fois plus élevé que sur le territoire chinois (294 300 yens mensuels au Japon –soit approximativement 2 715 euros- contre 2 016 yuans par mois en Chine –approximativement 238 euros¹²⁷). Toutefois, les salaires chinois dans le secteur urbain organisé progressent rapidement, ces derniers ayant crû, en termes réels, de 9% en moyenne par an entre 1995 et 2004. D'après Françoise Lemoine (2006b), cette progression peut être attribuée à la rapide modernisation technologique de l'industrie chinoise qui a exigé une amélioration des qualifications et des savoir-faire de la main-d'œuvre. Bien que la faiblesse des coûts salariaux chinois doive s'atténuer avec son développement économique, le fait que la structure économique et l'industrialisation de la Chine soient duales lui permet de continuer de disposer de forces de travail bon marché.

Enfin, le différentiel de niveau de formation brute de capital fixe¹²⁸ entre les deux pays témoigne également de leur écart de développement. Le Graphique 3 représente les niveaux d'investissement chinois et japonais et il apparaît alors que la FBCF chinoise connaît une croissance forte particulièrement depuis le début des années 2000, atteignant en 2009 le niveau de 2 184 milliards de dollars contre 1 047 milliards au Japon, soit plus de deux fois plus. Cet écart entre les taux d'investissement japonais et chinois est dû à leurs niveaux de développement respectifs, au même titre que les disparités entre les taux de croissance de la productivité du capital entre les deux pays. Ces divergences peuvent également être expliquées par le fait que le Japon possède déjà des dotations importantes en capital depuis les années 1980, alors que la Chine n'a entamé son industrialisation que depuis les années 1980 [Maddison, 2007].

¹²⁶ Données du BIT sur les niveaux de salaires dans l'industrie manufacturière, disponibles à l'adresse <http://laborsta.ilo.org/data_topic_E.html>

¹²⁷ Conversions au taux de change de marché du 24 février 2012 selon lequel 1 CNY = 0.118280 euros et 1 JPY = 0.00925663 euros.

¹²⁸ D'après la définition de l'OCDE, la FBCF est mesurée par « *la valeur totale des acquisitions d'un producteur, diminuée des cessions, d'actifs fixes au cours de la période comptable, plus certaines additions à la valeur des actifs non produits (tels que les actifs du sous-sol ou les améliorations majeures dans la quantité, la qualité ou la productivité de la terre) réalisés par l'activité productive des unités institutionnelles* » [site Internet de l'OCDE, disponible à l'adresse <<http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=1171>>].

Graphique 3. Formation brute de capital fixe (FBCF) au Japon et en Chine (1980-2009)

Notes : Les valeurs de la FBCF, exprimées en millions de dollars américains aux prix et taux de change courants, se lisent sur l'axe de gauche. Les valeurs de l'intensité d'investissement des PIB chinois et Japonais (FBCF rapportée au PIB), se lisent sur l'axe de droite.

Source : D'après les données de la CNUCED, disponibles à l'adresse <http://www.unctad.org/Templates/Page.asp?intItemID=1584&lang=2>

En conclusion, en suivant le raisonnement d'HO selon lequel les AC des nations sont déterminés par leurs dotations factorielles, il apparaît que l'économie japonaise qui possède en abondance le facteur capital relativement au travail se spécialisera dans les productions des biens qui utilisent le plus intensément le facteur capital ; et importera les biens dont les productions sont intensives en travail. A l'inverse, la Chine, qui possède en abondance le facteur travail, va se spécialiser dans les productions des biens qui utilisent le plus intensément ce facteur et importer des produits à forte intensité capitaliste.

Les AC des deux pays sont ainsi déterminés par l'abondance relative de leurs dotations factorielles, ce qui explique la complémentarité de leur spécialisation productive. Comme le souligne Meyer (2006) « *cette complémentarité presque parfaite des échanges sino-japonais résulte du différentiel de développement des deux économies sur le plan technologique (...)* [et] *s'explique ainsi par le jeu de leurs avantages comparatifs – avance technologique d'un côté, coût de la main-d'œuvre de l'autre – qui structure une division du travail mutuellement bénéfique* » [Meyer, 2006, p.586].

Annexe 2**Profil commercial de la Chine et importations depuis le Japon
par stade de production des biens (1967-2009)****1. Commerce de biens intermédiaires**

Années	Importations chinoises (en millions de dollars)	Exportations chinoises (en millions de dollars)	Balance commerciale chinoise (en millions de dollars)	Importations depuis le Japon (en millions de dollars)	Part du Japon dans les importations chinoises
1967	337,74	223,62	-114,12	135,80	40,21%
1968	285,36	223,85	-61,51	123,08	43,13%
1969	241,76	257,29	15,53	125,20	51,79%
1970	312,42	258,72	-53,70	167,70	53,68%
1971	338,42	273,10	-65,31	189,31	55,94%
1972	413,12	362,24	-50,87	194,56	47,09%
1973	729,21	635,88	-93,32	394,74	54,13%
1974	1 170,12	676,08	-494,03	727,19	62,15%
1975	1 777,38	662,91	-1 114,47	951,35	53,53%
1976	1 379,47	768,99	-610,48	556,96	40,37%
1977	1 233,66	736,50	-497,17	679,55	55,08%
1978	1 928,15	1 037,57	-890,58	962,05	49,89%
1979	2 841,51	1 423,34	-1 418,17	1 226,00	43,15%
1980	4 355,76	1 881,19	-2 474,58	2 096,92	48,14%
1981	4 967,73	2 326,45	-2 641,28	2 334,52	46,99%
1982	3 232,80	2 236,33	-996,47	1 216,97	37,64%
1983	3 436,72	2 459,40	-977,32	1 338,67	38,95%
1984	5 036,92	3 594,24	-1 442,68	1 995,54	39,62%
1985	7 061,70	3 271,27	-3 790,43	2 878,67	40,76%
1986	7 349,17	4 354,89	-2 994,28	2 875,96	39,13%
1987	8 622,34	5 386,05	-3 236,29	2 726,81	31,62%
1988	11 834,38	6 005,01	-5 829,37	3 660,21	30,93%
1989	12 166,57	7 184,07	-4 982,50	3 081,74	25,33%
1990	12 354,22	7 235,75	-5 118,47	2 712,98	21,96%
1991	16 025,45	8 763,57	-7 261,88	4 042,47	25,23%
1992	19 321,66	9 884,04	-9 437,61	5 111,06	26,45%
1993	21 319,83	10 897,69	-10 422,14	6 214,26	29,15%
1994	27 020,97	13 964,90	-13 056,07	7 636,71	28,26%
1995	33 226,81	18 506,31	-14 720,49	9 056,26	27,26%
1996	34 497,98	19 467,75	-15 030,23	9 201,79	26,67%
1997	36 689,84	23 061,50	-13 628,34	9 565,93	26,07%
1998	34 843,17	23 757,21	-11 085,96	9 187,67	26,37%
1999	38 561,60	28 241,02	-10 320,58	10 128,94	26,27%
2000	47 080,07	36 408,01	-10 672,06	12 085,41	25,67%
2001	48 677,37	39 236,32	-9 441,05	12 625,13	25,94%
2002	62 418,90	49 345,93	-13 072,98	15 592,82	24,98%
2003	87 571,68	65 586,43	-21 985,25	21 048,50	24,04%
2004	113 617,06	92 961,20	-20 655,86	25 743,68	22,66%
2005	123 466,11	119 357,47	-4 108,64	26 324,58	21,32%
2006	151 584,14	156 628,00	5 043,86	30 740,35	20,28%
2007	174 153,43	203 195,80	29 042,36	34 802,68	19,98%
2008	184 917,91	251 607,74	66 689,83	38 670,93	20,91%
2009	170 830,26	214 152,08	43 321,82	36 858,35	21,58%

2. Commerce de biens d'équipements

Années	Importations chinoises (en millions de dollars)	Exportations chinoises (en millions de dollars)	Balance commerciale chinoise (en millions de dollars)	Importations depuis le Japon (en millions de dollars)	Part du Japon dans les importations chinoises
1967	179,95	19,93	-160,02	28,57	15,88%
1968	91,67	21,66	-70,01	20,34	22,19%
1969	75,24	23,54	-51,70	24,54	32,62%
1970	187,54	26,71	-160,84	81,07	43,23%
1971	207,95	28,24	-179,71	54,55	26,23%
1972	197,58	36,03	-161,55	51,73	26,18%
1973	402,30	62,40	-339,90	116,63	28,99%
1974	984,31	89,86	-894,44	408,32	41,48%
1975	1 111,05	106,24	-1 004,81	469,22	42,23%
1976	800,41	147,54	-652,86	293,72	36,70%
1977	618,86	135,60	-483,26	155,18	25,07%
1978	1 057,59	183,43	-874,16	461,07	43,60%
1979	2 456,74	254,98	-2 201,76	835,19	34,00%
1980	3 005,33	355,09	-2 650,24	1 349,18	44,89%
1981	2 262,23	484,27	-1 777,95	1 357,06	59,99%
1982	1 947,77	437,56	-1 510,21	806,08	41,38%
1983	2 825,89	406,77	-2 419,12	1 157,92	40,98%
1984	5 168,46	576,13	-4 592,33	2 324,37	44,97%
1985	10 669,33	540,88	-10 128,45	4 902,08	45,95%
1986	10 684,12	842,78	-9 841,34	3 924,78	36,73%
1987	9 482,16	1 433,23	-8 048,94	3 122,17	32,93%
1988	10 607,14	2 171,81	-8 435,33	3 357,92	31,66%
1989	11 663,94	3 434,87	-8 229,07	3 093,12	26,52%
1990	11 189,22	4 254,03	-6 935,19	2 580,40	23,06%
1991	13 265,63	5 438,69	-7 826,94	3 561,09	26,84%
1992	21 307,07	7 795,69	-13 511,37	6 171,24	28,96%
1993	31 190,66	11 114,54	-20 076,12	9 442,35	30,27%
1994	33 357,83	15 930,55	-17 427,28	10 591,64	31,75%
1995	36 672,03	23 668,38	-13 003,66	11 718,52	31,95%
1996	37 229,64	29 518,55	-7 711,08	11 946,85	32,09%
1997	38 790,10	37 803,01	-987,09	11 429,56	29,47%
1998	39 688,52	44 074,19	4 385,67	10 347,21	26,07%
1999	41 005,54	53 944,03	12 938,49	11 557,65	28,19%
2000	52 672,35	73 886,62	21 214,27	15 197,92	28,85%
2001	60 200,71	79 990,82	19 790,11	14 815,88	24,61%
2002	76 835,05	104 162,25	27 327,20	17 721,91	23,06%
2003	107 016,33	146 764,80	39 748,46	26 520,26	24,78%
2004	138 006,47	214 467,52	76 461,05	32 884,70	23,83%
2005	125 974,87	273 258,69	147 283,82	33 541,99	26,63%
2006	149 428,95	349 383,67	199 954,72	37 728,09	25,25%
2007	167 613,09	419 249,55	251 636,46	42 644,44	25,44%
2008	179 894,73	482 112,23	302 217,50	46 182,21	25,67%
2009	154 195,85	437 469,82	283 273,97	37 394,46	24,25%

Notes : Sont classés par le CEPII comme appartenant à la catégorie des « biens intermédiaires » les produits relevant de la classification : première transformation du fer, fils et tissus, ouvrages en bois, papier, ouvrages métalliques, moteurs, composants électroniques, éléments de véhicules automobiles, engrais, peintures, plastiques, et, articles en caoutchouc. Sont classés comme appartenant à la catégorie « biens d'équipements » les produits relevant de la classification : matériel agricole, machines-outils, matériel BTP, machines spécialisées, armement, instruments de mesure, matériel de télécommunication, matériel informatique, matériel électrique, véhicules utilitaires, navires, aéronautique et espace.

Source : D'après la base de données Chelem du CEPII <<http://www.cepii.fr/francgraph/bdd/chelem.htm>>

Annexe 3**Profil commercial de la Chine et importations depuis le Japon par niveau technologique des biens (1967-2009)****1. Commerce de produits de haute technologie**

Années	Importations chinoises (en millions de dollars)	Exportations chinoises (en millions de dollars)	Balance commerciale chinoise (en millions de dollars)	Importations chinoises depuis le Japon (en millions de dollars)	Part du Japon dans les importations chinoises
1967	88,62	12,22	-76,40	35,04	39,54%
1968	107,30	10,63	-96,67	45,89	42,77%
1969	117,34	11,72	-105,62	56,98	48,56%
1970	117,85	12,04	-105,82	63,45	53,84%
1971	121,37	15,39	-105,98	71,05	58,54%
1972	138,50	24,89	-113,61	96,61	69,75%
1973	184,72	44,36	-140,36	13,73	7,43%
1974	239,52	60,41	-179,11	32,65	13,63%
1975	224,28	80,02	-144,26	41,46	18,49%
1976	178,73	99,16	-79,57	25,17	14,08%
1977	189,86	103,04	-86,82	28,54	15,03%
1978	294,29	128,53	-165,76	77,78	26,43%
1979	669,20	205,55	-463,65	261,90	39,14%
1980	1 120,46	352,84	-767,62	425,64	37,99%
1981	1 257,64	416,34	-841,30	639,37	50,84%
1982	1 044,39	445,61	-598,78	409,95	39,25%
1983	1 664,83	495,93	-1 168,90	640,28	38,46%
1984	3 099,29	727,60	-2 371,70	1 580,20	50,99%
1985	6 001,57	850,34	-5 151,23	3 087,84	51,45%
1986	4 310,63	1 448,81	-2 861,82	1 632,42	37,87%
1987	5 294,03	1 908,21	-3 385,82	2 020,38	38,16%
1988	6 977,99	2 949,14	-4 028,85	2 980,10	42,71%
1989	7 481,83	4 448,05	-3 033,78	2 620,88	35,03%
1990	7 474,61	5 615,03	-1 859,58	2 452,86	32,82%
1991	9 344,84	6 435,82	-2 909,02	3 388,11	36,26%
1992	13 469,70	7 957,10	-5 512,60	4 363,22	32,39%
1993	17 394,33	10 715,57	-6 678,76	5 551,42	31,92%
1994	19 889,89	15 715,72	-4 174,17	6 727,01	33,82%
1995	22 052,53	22 461,04	408,51	7 746,99	35,13%
1996	22 671,90	26 972,75	4 300,85	7 277,01	32,10%
1997	27 625,65	33 967,71	6 342,06	7 740,03	28,02%
1998	32 238,54	40 130,57	7 892,03	7 938,06	24,62%
1999	35 765,37	48 956,27	13 190,91	9 093,33	25,42%
2000	48 969,13	66 594,28	17 625,14	12 394,79	25,31%
2001	55 852,88	73 917,03	18 064,14	12 477,36	22,34%
2002	74 058,75	99 269,49	25 210,75	15 947,24	21,53%
2003	110 327,86	142 504,01	32 176,14	23 888,53	21,65%
2004	148 022,80	210 745,60	62 722,81	28 329,21	19,14%
2005	150 431,34	268 879,44	118 448,10	28 777,34	19,13%
2006	184 590,62	337 170,03	152 579,41	32 403,42	17,55%
2007	213 967,53	395 405,35	181 437,82	35 930,99	16,79%
2008	222 172,05	441 033,89	218 861,83	37 709,13	16,97%
2009	196 417,81	410 940,25	214 522,45	33 599,98	17,11%

Note : Sont regroupés dans la catégorie « produits de haute technologie » les groupes aéronautique et espace ; pharmacie ; matériel informatique ; radio TV et matériel de communication ; instruments médicaux et de précision, optique, horlogerie.

2. Commerce de produits à technologie moyennement élevée

Années	Importations chinoises (en millions de dollars)	Exportations chinoises (en millions de dollars)	Balance commerciale chinoise (en millions de dollars)	Importations chinoises depuis le Japon (en millions de dollars)	Part du Japon dans les importations chinoises
1967	386,73	83,14	-303,59	123,48	31,93%
1968	310,51	85,84	-224,68	110,75	35,67%
1969	286,09	102,76	-183,33	128,33	44,86%
1970	422,17	117,03	-305,14	216,59	51,30%
1971	436,62	121,68	-314,94	202,61	46,40%
1972	450,51	148,74	-301,78	211,63	46,98%
1973	702,25	241,09	-461,16	388,08	55,26%
1974	1 398,71	390,21	-1 008,50	835,08	59,70%
1975	1 859,09	349,55	-1 509,54	1 018,35	54,78%
1976	1 514,65	395,50	-1 119,14	636,02	41,99%
1977	1 190,02	406,81	-783,21	599,39	50,37%
1978	2 015,88	505,64	-1 510,25	1 038,64	51,52%
1979	3 394,87	833,55	-2 561,32	1 264,06	37,23%
1980	4 998,91	1 294,70	-3 704,21	2 325,51	46,52%
1981	5 343,55	1 498,61	-3 844,94	2 824,55	52,86%
1982	3 451,90	1 427,05	-2 024,84	1 375,63	39,85%
1983	4 008,40	1 248,76	-2 759,64	1 616,07	40,32%
1984	7 085,74	1 447,77	-5 637,97	2 879,28	40,63%
1985	12 855,94	1 485,26	-11 370,69	6 061,71	47,15%
1986	12 571,54	1 906,95	-10 664,59	4 887,67	38,88%
1987	12 142,17	2 605,39	-9 536,78	4 053,49	33,38%
1988	16 611,95	3 941,49	-12 670,47	5 106,51	30,74%
1989	16 254,81	5 431,75	-10 823,06	4 487,50	27,61%
1990	14 804,14	6 368,49	-8 435,65	3 641,76	24,60%
1991	19 556,35	7 808,00	-11 748,35	5 582,89	28,55%
1992	27 492,64	10 061,89	-17 430,75	9 227,96	33,57%
1993	37 009,08	12 909,29	-24 099,79	13 469,86	36,40%
1994	39 507,85	16 498,99	-23 008,87	14 124,19	35,75%
1995	48 558,28	23 271,57	-25 286,71	15 814,02	32,57%
1996	48 324,17	26 704,43	-21 619,74	16 148,34	33,42%
1997	47 634,89	31 927,48	-15 707,41	15 357,25	32,24%
1998	42 188,26	34 020,17	-8 168,09	13 512,01	32,03%
1999	45 101,09	40 837,21	-4 263,88	14 476,86	32,10%
2000	57 148,18	53 453,79	-3 694,39	17 929,41	31,37%
2001	61 021,61	56 230,27	-4 791,34	17 553,38	28,77%
2002	78 516,62	68 193,17	-10 323,45	22 031,78	28,06%
2003	109 981,08	88 932,03	-21 049,05	30 716,47	27,93%
2004	146 493,08	123 698,44	-22 794,64	39 430,13	26,92%
2005	151 399,71	158 074,83	6 675,12	40 986,71	27,07%
2006	177 857,95	204 205,90	26 347,95	47 542,92	26,73%
2007	214 319,90	266 390,14	52 070,24	55 497,77	25,89%
2008	238 094,06	328 416,20	90 322,14	62 018,83	26,05%
2009	224 844,71	267 733,07	42 888,36	55 633,07	24,74%

Note : Sont regroupés dans la catégorie « produits à technologie moyennement élevée » les groupes équipements et appareils électriques n.c.a. ; véhicules à moteur, remorques ; produits chimiques (sauf pharmacie); autre matériel ferroviaire et de transport ; machines n.c.a.

3. Commerce de biens à technologie moyennement faible

Années	Importations chinoises (en millions de dollars)	Exportations chinoises (en millions de dollars)	Balance commerciale chinoise (en millions de dollars)	Importations depuis le Japon (en millions de dollars)	Part du Japon dans les importations chinoises
1967	441,65	152,74	-288,91	116,45	26,37%
1968	433,85	130,90	-302,94	156,82	36,15%
1969	531,58	149,49	-382,09	197,08	37,07%
1970	641,27	131,87	-509,40	279,33	43,56%
1971	592,17	162,00	-430,17	290,22	49,01%
1972	701,43	217,83	-483,59	270,43	38,55%
1973	1 438,14	373,49	-1 064,65	589,16	40,97%
1974	2 088,37	479,14	-1 609,23	976,92	46,78%
1975	2 384,80	505,07	-1 879,73	1 082,14	45,38%
1976	1 791,57	576,58	-1 214,99	909,68	50,78%
1977	2 061,34	634,11	-1 427,23	1 173,83	56,95%
1978	3 598,80	856,49	-2 742,32	1 788,95	49,71%
1979	4 358,65	1 393,05	-2 965,60	2 034,77	46,68%
1980	3 575,01	2 522,34	-1 052,67	2 105,71	58,90%
1981	2 120,17	3 179,77	1 059,60	1 445,54	68,18%
1982	2 906,11	3 366,27	460,16	1 603,92	55,19%
1983	4 580,54	2 774,27	-1 806,27	2 740,69	59,83%
1984	6 098,23	3 392,84	-2 705,39	3 322,20	54,48%
1985	8 932,57	3 317,98	-5 614,59	4 296,36	48,10%
1986	8 160,20	3 230,55	-4 929,65	3 736,69	45,79%
1987	7 069,17	4 657,28	-2 411,88	3 068,60	43,41%
1988	8 786,92	6 788,76	-1 998,16	3 469,92	39,49%
1989	9 894,62	8 743,59	-1 151,03	3 328,80	33,64%
1990	7 370,69	10 814,21	3 443,52	2 054,65	27,88%
1991	8 136,88	14 227,50	6 090,62	2 672,23	32,84%
1992	11 873,40	16 823,83	4 950,43	3 350,29	28,22%
1993	20 832,41	18 698,20	-2 134,21	5 579,62	26,78%
1994	19 023,59	24 076,19	5 052,61	5 686,98	29,89%
1995	19 758,07	34 235,20	14 477,13	6 102,72	30,89%
1996	21 320,50	36 745,86	15 425,36	5 750,18	26,97%
1997	22 332,07	44 939,40	22 607,32	6 108,30	27,35%
1998	19 434,71	46 326,44	26 891,73	5 770,47	29,69%
1999	22 126,26	52 797,86	30 671,61	5 749,42	25,98%
2000	28 685,06	65 745,17	37 060,11	6 894,58	24,04%
2001	28 831,87	67 756,75	38 924,88	6 648,54	23,06%
2002	34 283,71	79 831,93	45 548,22	7 958,63	23,21%
2003	53 283,19	100 846,03	47 562,85	10 301,21	19,33%
2004	68 802,20	136 688,09	67 885,88	14 014,74	20,37%
2005	79 051,22	171 221,45	92 170,24	17 049,84	21,57%
2006	97 978,36	216 924,45	118 946,09	20 326,74	20,75%
2007	115 588,21	283 598,06	168 009,85	23 754,64	20,55%
2008	135 264,43	341 751,69	206 487,26	30 310,03	22,41%
2009	125 235,59	258 728,87	133 493,28	24 117,70	19,26%

Note : Sont regroupés dans la catégorie « produits à technologie moyennement faible » les groupes coke, dérivés pétrole, nucléaire ; articles en caoutchouc et en matières plastiques ; autres produits minéraux et non métalliques ; navires et bateaux ; produits métallurgiques de base ; ouvrages en métaux sauf machines

4 Commerce de biens à faible technologie

Années	Importations chinoises (en millions de dollars)	Exportations chinoises (en millions de dollars)	Balance commerciale chinoise (en millions de dollars)	Importations depuis le Japon (en millions de dollars)	Part du Japon dans les importations chinoises
1967	80,04	682,25	602,22	13,64	17,04%
1968	55,14	647,03	591,90	12,21	22,15%
1969	38,08	690,16	652,07	8,58	22,54%
1970	55,91	701,93	646,02	9,63	17,22%
1971	99,52	764,31	664,80	14,23	14,29%
1972	214,27	1055,03	840,76	29,47	13,75%
1973	246,11	1909,21	1663,10	49,35	20,05%
1974	380,55	2169,42	1788,87	129,83	34,12%
1975	322,61	2149,27	1826,66	102,41	31,74%
1976	378,40	2165,31	1786,91	86,78	22,93%
1977	649,10	2276,41	1627,31	118,76	18,30%
1978	705,35	3029,58	2324,22	130,20	18,46%
1979	818,43	3921,10	3102,67	163,04	19,92%
1980	1760,64	5071,92	3311,27	363,94	20,67%
1981	2070,90	5919,63	3848,72	444,39	21,46%
1982	1851,68	6133,71	4282,03	298,70	16,13%
1983	1678,28	6368,02	4689,74	307,77	18,34%
1984	2424,69	8885,72	6461,03	479,74	19,79%
1985	3262,28	8603,99	5341,71	588,25	18,03%
1986	3873,71	11876,06	8002,35	612,38	15,81%
1987	5391,41	14732,54	9341,13	666,19	12,36%
1988	7494,10	17724,94	10230,84	717,17	9,57%
1989	7632,83	21635,40	14002,57	833,27	10,92%
1990	7931,26	24562,98	16631,72	1017,44	12,83%
1991	10024,28	31323,00	21298,72	1444,55	14,41%
1992	11826,01	38003,70	26177,69	1899,91	16,07%
1993	13311,94	44374,81	31062,87	2006,75	15,07%
1994	18095,77	53856,71	35760,94	2462,47	13,61%
1995	22974,23	61093,67	38119,44	3056,14	13,30%
1996	24862,67	64944,55	40081,89	3386,46	13,62%
1997	26564,79	70553,99	43989,20	3442,72	12,96%
1998	24121,34	68782,70	44661,36	3003,83	12,45%
1999	24392,54	76098,72	51706,19	3531,18	14,48%
2000	27583,57	89766,59	62183,03	3927,26	14,24%
2001	26990,71	94203,78	67213,08	3764,12	13,95%
2002	29010,92	103593,68	74582,76	3690,82	12,72%
2003	34178,82	124401,30	90222,47	4232,90	12,38%
2004	39910,65	152016,53	112105,88	5034,74	12,62%
2005	38587,50	185487,96	146900,46	5049,60	13,09%
2006	43453,21	218012,46	174559,26	5178,84	11,92%
2007	50801,67	253610,75	202809,08	5352,94	10,54%
2008	56419,15	279801,40	223382,25	5608,44	9,94%
2009	51640,30	254257,91	202617,61	5067,00	9,81%

Note : Sont regroupés dans la catégorie « produits à faible technologie » les groupes bois, papier, carton, édition ; textile, habillement, cuir, chaussures ; ainsi que le groupe produits alimentaires, boissons, tabacs.

Source : D'après la base de données Chelem du CEPII < <http://www.cepii.fr/francgraph/bdd/chelem.htm>>

Annexe 4.
Liste de l'OCDE des biens environnementaux – Catégories et codes du Système
Harmonisé

Biens environnementaux	Codes SH
A GROUPE LUTTE ANTIPOLLUTION	
1. Lutte contre la pollution atmosphérique	
1.1 Appareils de traitement de l'air	
Pompes à vides	841410
Compresseurs de types utilisés dans les équipements frigorifiques	841430
Compresseurs montés sur châssis à roues et remorquables	841440
Compresseurs d'air et à gaz, hottes	841480
Pièces pour compresseurs, ventilateurs, hottes	841490
1.2 Convertisseurs catalytiques	
Installations pour l'épuration de l'air et des gaz	842139
Pièces pour appareils de filtrage	842199
1.3 Systèmes de récupération des produits chimiques	
Pierre à chaux	252100
Chaux éteinte (hydratée)	252220
Hydroxyde de magnésium, etc.,	281610
Installations pour l'épuration de l'air et des gaz	842139
Pièces pour appareils de filtrage	842199
1.4 Collecteurs de poussière	
Installations pour l'épuration de l'air et des gaz	842139
Pièces pour appareils de filtrage	842199
1.5 Séparateurs / dépoussiéreurs	
Fibres de verre	701990
Appareils pour la liquéfaction de l'air et d'autres gaz	841960
Appareils pour le traitement thermique des matières	841989
installations pour l'épuration de l'air et des gaz	842139
Pièces pour appareils de filtrage	842199
1.6 Incinérateurs, non électriques	
Incinérateurs, non électriques	841780
Installations pour l'épuration de l'air et des gaz	842139
Pièces pour appareils à pulvériser des matières en poudre ou liquides	842490
Fours à résistance électrique industriels ou de laboratoires	851410
Fours industriels ou de laboratoires, fonctionnant par induction ou par pertes diélectriques	851420
Fours électriques industriels ou de laboratoires	851430
Pièces, fours électriques industriels ou de laboratoires	851490
1.7 Matériel de désodorisation	
Pièces pour appareils à pulvériser des matières en poudre ou liquides	842490
2. Gestion des eaux usées	
2.1 Systèmes d'aération	
Compresseurs des types utilisés dans les équipements frigorifiques	841430
Compresseurs montés sur châssis à roues et remorquables	841440
Compresseurs d'air et à gaz, hottes	841480
Pièces pour compresseurs ventilateurs, hottes	841490
2.2 Systèmes de récupération des produits chimiques	
Castines, pierres à chaux ou à ciment	252100
Chaux éteinte (hydratée)	252220
Chlore	280110
Ammoniac anhydre	281410
Hydroxyde de sodium	281511
Hydroxyde de sodium en solution aqueuse	281512

Hydroxyde de magnésium	281610
Hydroxyde d'aluminium	281830
Dioxyde de manganèse	282010
Oxydes de manganèse (autres)	282090
Monoxyde de plomb	282410
Sulfites de sodium	283210
Sulfites (hors sodium)	283220
Phosphinates et phosphonates	283510
Phosphates de triammonium	283521
Phosphates de mono- ou de disodium	283522
Phosphates de trisodium	283523
Phosphates de potassium	283524
Hydrogénoorthophate de calcium	283525
Phosphates de calcium	283526
Phosphates (hors polyphosphates)	283529
Charbons activés	380210
Appareils pour l'épuration des eaux usées	842121
Appareils pour l'épuration des liquides	842129
Pièces pour appareils de filtrage	842199
2.3 Systèmes de récupération biologique	
2.4 Systèmes de sédimentation par gravité	
Agents floculants	
2.5 Systèmes de séparation des carburants	
Centrifugeuses	842119
Centrifugeuses, pièces	842191
Appareils pour l'épuration des eaux	842121
Appareils pour l'épuration des liquides	842129
Pièces pour appareils de filtrage	842199
2.6 Filtres et tamis	
Autres articles en matières plastiques	392690
Appareils pour l'épuration des eaux	842121
Appareils pour l'épuration des liquides	842129
Pièces pour appareils de filtrage	842199
2.7 Epuration des eaux usées	
Agents floculants	
Velours et peluches tissés et tissus de chenilles, d'autres matières textiles	580190
Réservoirs >300l	730900
Réservoirs, fûts, etc. >50l <300l	731010
Boîtes < 50l, à fermer par soudage ou sertissage, n.c.a.	731021
Boîtes < 50l, n.c.a.	731029
Turbines hydrauliques	841000
	841011
	841012
	841013
Pièces pour turbines hydrauliques	841090
Incinérateurs, non électriques	841780
Appareils et instruments de pesage <30 kg	842381
Appareils et instruments de pesage > 30kg< 500kg	842382
Appareils et instruments de pesage	842389
Pièces pour appareils à pulvériser des matières en poudre ou liquide	842490
Fours à résistance électrique industriels ou de laboratoires	851410
Fours industriels ou de laboratoires, fonctionnant par induction ou par pertes diélectriques	851420
Fours électriques industriels ou de laboratoires, n.c.a.	851430
Pièces, fours électriques industriels ou de laboratoires	851490

2.8 Lutte contre la pollution de l'eau, matériel de recyclage des eaux usées	
2.9 Matériel et biens de traitement des eaux usées	
Ouvrages moulés en fonte	732510
Matériel de contrôle des racines	
Pompes à bras	841320
Pompes alternatives électriques	841350
Pompes rotatives	841360
Pompes centrifuges	841370
Pompes, n.c.a.	841381
Détendeurs	848110
Clapets et soupapes de retenue	848130
Soupapes de trop-plein ou de sureté	848140
Articles de robinetterie, etc., n.c.a.	848180
Instruments pour la mesure du débit ou du niveau des liquides	902610
Instruments pour la mesure ou le contrôle de la pression	902620
3. Gestion des déchets solides	
3.1 Matériel de stockage et de traitement des déchets dangereux	
Ouvrages en ciment ou en béton, n.c.a.	681099
Ouvrages en plomb, n.c.a.	780600
Appareils électriques pour le chauffage de locaux ou du sol	851629
Lasers	901320
Equipement de vérification	
3.2 Matériel de collecte des déchets	
Articles de ménage ou de toilette, en matières plastiques, n.c.a.,	392490
Balais emmanchés ou non	960310
Brosses constituant des parties de machines	960350
Balais mécaniques	960390
Garnitures de poubelles (en matières plastiques)	
3,3 Matériel d'évacuation des déchets	
Compacteurs	
Bennes à ordures	
Plaques, etc, en polymères du propylène	392020
3.4 Matériel de traitement des déchets	
3.5 Matériel de séparation des déchets	
Séparateurs magnétiques	
3.6 Matériel de recyclage	
Séparateurs magnétiques	
Machines et appareils servant à nettoyer ou à sécher les bouteilles	842220
Equipement de traitement et réutilisation du sable pour les fonderies	847439
Machines à mélanger, à concasser	847982
Machines, n.c.a., ayant une fonction propre	847989
Machines à broyer les pneumatiques	
3.7 Matériel d'incinération	
Incinérateurs, non électriques	841780
Pièces de fours	841790
Fours à résistance électrique industriels ou de laboratoires	851410
Fours industriels ou de laboratoires, fonctionnant par induction ou par pertes diélectriques	851420
Fours électriques industriels ou de laboratoires, n.c.a.	851430
Pièces, fours électriques industriels ou de laboratoires	851490
4. Dépollution et assainissement	
4.1 Absorbants	
4.2 Nettoyage	
Appareils électriques pour le chauffage de locaux ou du sol	851629
Lasers	901320

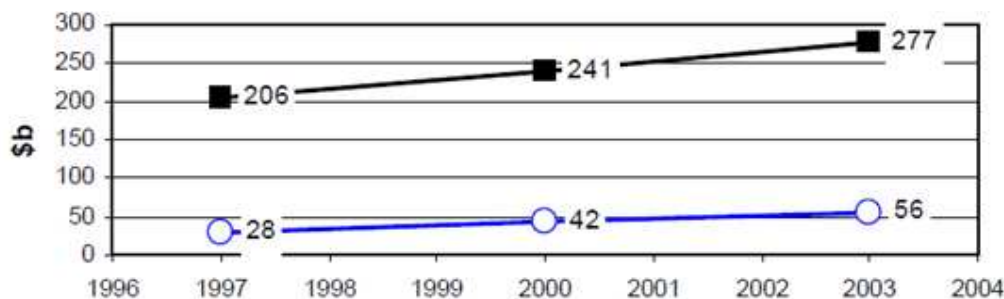
Equipement de vitrification	
4.3 Matériel de traitement des eaux usées	
Produits chimiques tensioactifs (détergents incomplets)	
Matériel de nettoyage après déversement	
Appareil électrique à fonction unique, n.c.a.	854389
5. Lutte contre le bruit et les vibrations	
5.1 amortisseurs de bruit / silencieux	
Pièces pour moteurs à allumage par étincelle	840991
Pièces pour moteurs diesel ou semi-diesel	840999
Silencieux et tuyaux d'échappement pour véhicules automobiles	870892
5.2 Matériel d'insonorisation	
5.3 Dispositifs anti vibrations	
5.4 Murs antibruit	
6. Surveillance, analyse et évaluation de l'environnement	
6.1 Matériel de mesure et de surveillance	
Thermomètres et pyromètres à liquide	902511
Thermomètres et pyromètres, n.c.a.	902519
Hygromètres, pyromètres, etc., n.c.a.	902580
Instruments pour l'analyse de liquides	902680
Pièces d'instruments pour la mesure ou le contrôle des gaz ou des liquides	902690
Analyseurs de gaz et de fumées	902710
Chromatographes	902720
Spectromètres	902730
Posemètres	902740
Instruments utilisant des rayonnements optiques, n.c.a.	902750
Instruments pour l'analyse des propriétés chimiques et physiques, n.c.a.	902780
Pièces d'instruments, y compris microtomes	902790
Instruments pour la mesure ou la détection des radiations ionisantes	903010
Autres instruments optiques	903149
Instruments de mesure et de contrôle, n.c.a.	903180
Manostats	903220
Appareils hydrauliques ou pneumatiques pour le contrôle automatique	903281
Appareils et instruments pour la régulation automatique, n.c.a.	903289
Dispositifs de mesure automatique des émissions	
Matériel de mesure du bruit	
6.2 Systèmes d'échantillonnage	
6.3 Matériel de commande des procédés	
Thermostats	903210
Matériel électrique de commande des procédés	
Surveillance/contrôle embarqué	
6.4 Matériel d'acquisition de données	
6.5 Autres instruments/machines	
B. GROUPE TECHNOLOGIES ET PRODUITS MOINS POLLUANTS	
1. Technologies et procédés moins polluants/plus économes en énergie	
Installations / appareils électrochimiques	
Lessivage dilué (pâte)	
Délicatification à l'oxygène	
Nettoyage par ultrasons	
Combustion en lit fluidisé	
2. Produits moins polluants/plus économes en ressources	
Produits de remplacement des CFC	
Peroxyde d'hydrogène	284700
Substituts de la tourbe (par exemple, écorce)	
Colles à base d'eau	

Peintures et vernis, dissous dans un milieu aqueux	320910
Peintures et vernis, dissous dans un milieu aqueux	320990
Pétroliers à double coque	
Compresseurs insonorisés	
C. GROUPE GESTION DES RESSOURCES	
1. Lutte contre la pollution de l'air à l'intérieur des locaux	
2. Traitement et distribution de l'eau potable	
2.1 Traitement de l'eau potable	
2.2 Systèmes d'épuration de l'eau	
Chlore	280110
2.3 Fourniture et distribution d'eau potable	
Eaux, y compris les eaux minérales naturelles ou artificielles	220100
Eau distillée et de conductibilité	285100
Échangeurs d'ions (polymère)	391400
3. Matériaux recyclés	
3.1 Papier recyclé	
3.2 Autres produits recyclés	
4. Installations utilisant des énergies renouvelables	
4.1 Énergie solaire	
Chauffe-eau à chauffage instantané, à gaz	841911
Chauffe-eau non électriques, instantanés ou à accumulation	841919
Dispositifs photosensibles à semi-conducteur	854140
4.2 Énergie éolienne	
Éoliennes	
Turbines éoliennes	
4.3 Énergie marémotrice	
4.4 Énergie géothermique	
4.5 Autres	
Méthanol	290511
Éthanol	220700
Centrale hydroélectrique	
5. Gestion et économies en matière d'énergie /chauffage	
Catalyseurs	381500
Vitrages isolants à parois multiples	700800
Fibres de verre	701990
Échangeurs de chaleur	841950
Pièces pour échangeurs de chaleur	841990
Pompes à chaleur	
Installations de chauffage urbain	
Chaudières de récupération	
Chaudières à combustibles autres que le mazout ou le gaz	
Lampes fluorescentes, à cathode chaude	853931
Véhicules électriques	
Piles à combustible	
Compteurs de gaz (distribution, production et étalonnage)	902810
Compteurs de liquide (distribution, production et étalonnage)	902820
Thermostats	903210

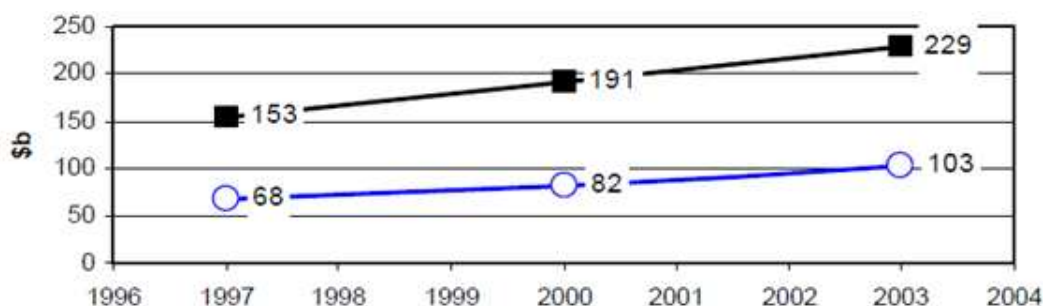
Sources : OCDE, 2001a, *Biens et services environnementaux : Les avantages d'une libéralisation accrue du commerce mondial*, OCDE, Paris.

Annexe 5.
Indicateurs du commerce de biens et services environnementaux pour les pays industrialisés et en développement

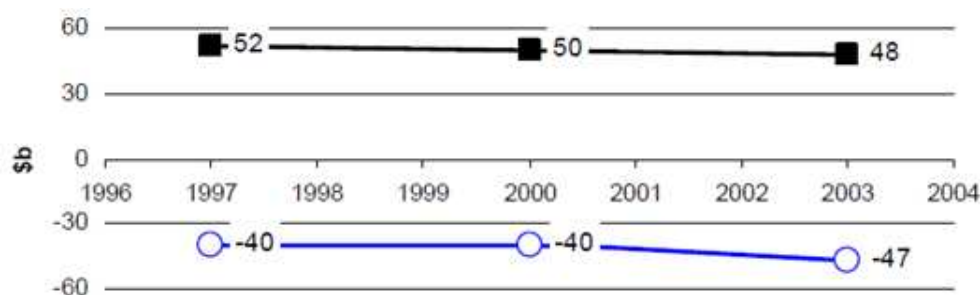
Graphique 1. Exportations totales (listes de l'OCDE et de l'APEC)



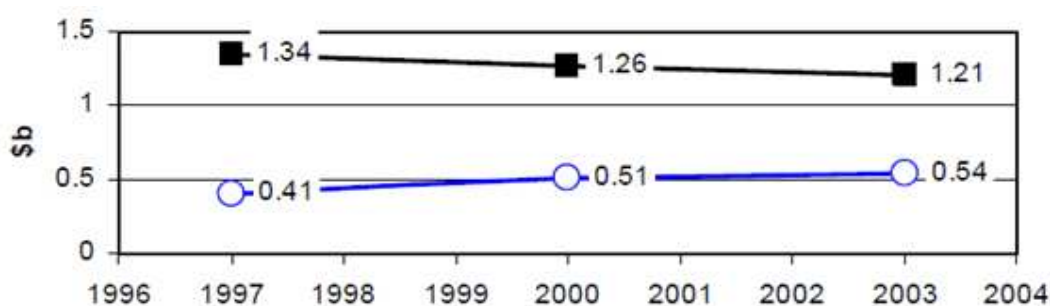
Graphique 2. Importations totales (listes de l'OCDE et de l'APEC)



Graphique 3. Balance commerciale (listes de l'OCDE et de l'APEC)



Graphique 4. Ratios exports / imports (listes de l'OCDE et de l'APEC)



Note : Pays en développement Pays industrialisés

Source: CNUCED, 2005, *Environmental Goods: Identifying Items of Exports Interest to Developing Countries*, UNCTAD, Genève, p.18.

Annexe 6.
Principaux exportateurs de biens environnementaux en 2006

Pays	Exportations (en milliers)	Pays	Exportations (en milliers)
CONTROLE DE LA POLLUTION DE L'AIR			
Allemagne	10 285 892.000	Chine	2 678 371.386
USA	7 600 530.036	Afrique du Sud	2 424 870.188
Belgique	1 678 787.144	Mexique	2 059 280.817
Canada	1 339 898.708	République de Corée	1 479 005.740
Autriche	825 842.791	Brésil	973 377.822
Suède	554 360.589	Malaisie	653 502.636
Danemark	527 946.110	Hong Kong (Chine)	616 120.994
Finlande	310 588.986	Croatie	27 084.944
Norvège	217 861.473	Lettonie	7 870.725
Irlande	127 748.964	Jordanie	5 762.801
GESTION DES DECHETS SOLIDES ET DANGEREUX ET SYSTEMES DE RECYCLAGES			
Allemagne	14 094 060.000	République de Corée	3 409 767.279
USA	11 850 264.685	Chine	1 767 208.605
Belgique	1 887 838.202	Hong Kong (Chine)	1 250 003.863
Autriche	1 833 797.161	Malaisie	869 363.247
Canada	1 824 768.579	Mexique	658 486.400
Belgique	1 111 231.614	Brésil	448 853.951
Finlande	1 004 033.926	Afrique du Sud	104 017.708
Danemark	7 44 230.646	Croatie	48 133.981
Norvège	690 313.168	Colombie	34 852.315
Irlande	128 753.295	Costa Rica	20 102.444
NETTOYAGE OU RESTAURATION DES EAUX ET DES SOLS			
Allemagne	915 262.000	Chine	1 023 740.128
USA	368 898.197	Malaisie	72 497.076
Suède	238 250.402	Hong Kong (Chine)	60 195.709
Canada	95 727.082	Maroc	26 133.521
Danemark	78 278.821	République de Corée	24 048.763
Irlande	60 087.808	Mexique	10 529.460
Norvège	58 663.806	Afrique du Sud	10 376.404
Belgique	48 008.746	Brésil	7 333.208
Finlande	41 469.157	Lettonie	3 058.662
Autriche	37 062.464	Croatie	1 774.396
USINE D'ENERGIE RENOUVELABLE			
Union Européenne	17 942 832.724	Chine	9 104 812.84
Allemagne	16 119 314.200	Mexique	4 800 652.82
Japon	14 666 219.273	Hong Kong (Chine)	4 709 494.44
USA	13 128 662.273	Taiwan (Chine)	3 191 704.665
France	5 145 901.673	Malaisie	2 452 848.363
Royaume-Uni	4 232 814.994	Thaïlande	1 500 032.992
Italie	4 016 056.210	République Tchèque	1 068 303.744
Danemark	2 928 735.781	Hongrie	848 373.61
Canada	2 192 116.409	Brésil	528 850.36
Belgique	1 990 327.989	Pologne	523 647.968
GESTION DE LA CHALEUR ET DE L'ENERGIE			
Allemagne	1 657 256.000	Chine	523 970.840
USA	1 083 346.306	République de Corée	418 446.300
Suède	514 449.189	Mexique	339 833.881
Belgique	225 315.344	Brésil	108 562.269
Danemark	210 153.450	Malaisie	71 260.602
Canada	160 153.450	Hong Kong (Chine)	32 211.766
Autriche	146 978.051	Afrique du Sud	27 651.176
Finlande	113 059.605	Malte	13 044.966
Norvège	33 484.426	Colombie	9 604.608
Irlande	1 252.395	Lettonie	3 942.036

GESTION DES EAUX USEES ET TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE			
Union Européenne	21 766 021.736	Chine	7 287 551.616
Allemagne	19 409 537.400	Taiwan (Chine)	2 617 969.222
USA	12 900 561.425	Mexique	2 521 626.877
Italie	11 019 142.546	République de Corée	2 138 664.332
Japon	6 632 974.055	République Tchèque	1 662 142.610
France	6 176 062.286	Pologne	1 311 476.686
Royaume-Uni	4 328 066.470	Hong Kong (Chine)	1 220 851.426
Canada	3 353 632.208	Turquie	833 419.036
Espagne	2 752 246.810	Russie	782 134.073
Suède	2 377 390.082	Thaïlande	750 186.886
ENVIRONMENTALLY PREFERABLE PRODUCT, SELON L'UTILISATION FINALE ET/OU LES CARACTERISTIQUES D'ELIMINATION			
Belgique	15 139.627	Brésil	31 966.385
USA	4 245.249	Tanzanie	7 581.631
Allemagne	2 157.000	Pakistan	4 413.924
Suède	842.379	Chine	2 244.291
Danemark	466.359	Afrique du Sud	1 004.112
Canada	383.291	Cote d'Ivoire	954.414
Irlande	287.438	Hong Kong (Chine)	255.699
Autriche	206.817	Malaisie	127.079
Norvège	105.630	Uganda	118.819
Finlande	8.573	Ghana	101.483
GESTION DES RISQUES NATURELS			
USA	1 488 135.306	Chine	243 751.141
Canada	446 668.031	Hong Kong (Chine)	55 836.228
Allemagne	390 963.000	Malaisie	38 442.344
Finlande	143 651.351	Mexique	23 792.620
Norvège	141 010.135	Afrique du Sud	8 051.161
Suède	48 498.979	Uganda	3 412.596
Autriche	21 263.333	République de Corée	3 166.660
Danemark	17 276.214	Brésil	2 838.374
Belgique	8 964.192	Yémen	2 341.083
Islande	1 745.089	Malte	1 657.388
PROTECTION DES RESSOURCES NATURELLES			
Allemagne	21 016.873	Chine	217 779.569
Norvège	18 164.463	République de Corée	44 704.761
Danemark	12 996.075	Malaisie	10 033.702
Suède	5 827.265	Mexique	8 100.009
Autriche	5 692.089	Hong Kong (Chine)	5 706.274
Allemagne	4 308.000	Costa Rica	4 835.098
Islande	3 752.744	Pérou	4 134.082
Belgique	2 038.756	Iles Féroé	3 865.630
Canada	966.761	Brésil	2 834.726
Irlande	919.918	Lettonie	1 981.839
REDUCTION DES BRUITS ET DES VIBRATIONS			
Allemagne	5 608 618.000	Mexique	1 501 958.553
USA	2 900 488.985	Chine	552 390. 899
Canada	1 176 085.628	Brésil	464 175.273
Autriche	624 801.739	République de Corée	135 239.809
Belgique	224 325.659	Hong Kong (Chine)	73 414.082
Suède	111 790.601	Afrique du Sud	36 336.513
Norvège	40 213.403	Malaisie	19 251.891
Finlande	19 524.256	Maroc	5 878.493
Danemark	12 223.122	Colombie	5 156.584
Irlande	10 121.781	Bahreïn	1 312.849

Source: ICTSD, 2008, *Environmental priorities and Trade Policy for Environmental Goods: A reality Check*, Issue paper N°7, septembre, pp. 42-43

Annexe 7.
Principaux importateurs de biens environnementaux en 2006

Pays	Importations (en milliers)	Pays	Importations (en milliers)
CONTROLE DE LA POLLUTION DE L'AIR			
USA	8 474 496.537	Chine	5 035 217.308
Allemagne	5 009 435.000	Mexique	2 487 541.329
Canada	2 648 930.373	République de Corée	1 975 284.828
Belgique	1 264 893.697	Hong Kong (Chine)	777 957.554
Suède	914 210.875	Malaisie	648 803.428
Autriche	872 621.013	Brésil	643 445.092
Norvège	373 745.453	Afrique du sud	459 275.278
Danemark	361 745.453	Pakistan	296 456.031
Finlande	305 434.030	Colombie	184 973.410
Islande	191 791.895	Pérou	113 698.621
GESTION DES DECHETS SOLIDES ET DANGEREUX ET SYSTEMES DE RECYCLAGES			
USA	8 055 515.881	Chine	11 260 255.086
Allemagne	5 181 756.000	République de Corée	5 944 796.422
Canada	2 114 723.259	Mexique	2 367 442.274
Belgique	1 165 477.506	Malaisie	1 528 235.846
Autriche	1 164 477.506	Hong Kong (Chine)	1 295 773.122
Norvège	856 410.589	Brésil	675 453.811
Suède	829 521.294	Afrique du Sud	533 694.661
Danemark	588 763.078	Pakistan	233 628.186
Finlande	398 643.644	Maroc	196 154.972
Irlande	337 180.174	Croatie	161 337.347
NETTOYAGE OU RESTAURATION DES EAUX ET DES SOLS			
USA	830 949.677	Chine	346 989.687
Allemagne	325 187.000	Mexique	86 582.450
Canada	182 638.294	République de Corée	84 703.537
Danemark	98 581.845	Hong Kong (Chine)	52 009.245
Belgique	80 153.401	Brésil	39 835.238
Norvège	77 536.678	Malaisie	33 513.657
Suède	75 514.787	Afrique du Sud	22 046.195
Finlande	38 571.179	Maroc	20 046.195
Autriche	37 058.080	Pakistan	13 328.994
Irlande	25 585.742	Pérou	11 819.382
USINE D'ENERGIE RENOUVELABLE			
USA	18 908 831.826	Chine	11 442 706.302
Union Européenne	13 703 394.361	Hong Kong (Chine)	4 638 663.461
Allemagne	10 419 449.600	Mexique	4 319 835.469
Japon	5 111 778.531	République de Corée	3 966 574.427
Canada	4 613 650.215	Taiwan	2 840 591.165
Royaume-Uni	4 214 418.192	Brésil	1 601 104.843
France	3 648 941.766	Thaïlande	1 528 343.303
Italie	3 227 341.560	Malaisie	1 446 166.811
Espagne	2 749 674.201	Russie	1 078 725.789
Pays-Bas	2 553 287.263	Inde	1 065 557.801
GESTION DE LA CHALEUR ET DE L'ENERGIE			
USA	839 081.085	Chine	554 340.567
Allemagne	806 210.000	Mexique	298 701.673
Canada	439 700.093	République de Corée	114 270.459
Belgique	241 179.348	Brésil	106 108.343
Suède	168 601.224	Malaisie	73 171.323
Autriche	163 575.198	Hong Kong (Chine)	48 991.427
Danemark	100 007.174	Afrique du Sud	18 283.796
Finlande	83 558.036	Colombie	45 414.936
Norvège	81 449.783	Pakistan	30 621.595
Irlande	22 725.218	Croatie	24 415.132

GESTION DES EAUX USEES ET TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE			
USA	16 932 354.642	Chine	6 085 210.285
Union Européenne	10 013 865.273	Mexique	4 583 508.449
Allemagne	9 527 430.000	République de Corée	2 807 960.286
France	5 888 953.760	Pologne	2 066 870.690
Canada	5 060 540.737	Taiwan	1 888 098.657
Royaume-Uni	4 672 870.936	Thaïlande	1 831 932.651
Italie	3 736 665.326	Russie	1 632 751.839
Japon	3 146 065.276	République Tchèque	1 469 058.502
Espagne	2 964 183.101	Hong Kong (Chine)	1 318 745.204
Belgique	2715 260.567	Malaisie	1 018 803.320
ENVIRONMENTALLY PREFERABLE PRODUCT, SELON L'UTILISATION FINALE ET/OU LES CARACTERISTIQUES D'ELIMINATION			
Belgique	52 348.336	Chine	65 442.784
USA	26 099.029	Pakistan	46 775.933
Allemagne	9 757.000	Ghana	16 609.626
Canada	2 106.783	Cote d'Ivoire	8 624.403
Autriche	1 418.396	Mexique	8 386.405
Irlande	1 199.557	Maroc	7 183.823
Danemark	889.249	Brésil	4 134.190
Suède	671.965	Afrique du Sud	3 331.609
Norvège	444.660	République de Corée	3 136.353
Islande	306.463	Jordanie	2 720.744
GESTION DES RISQUES NATURELS			
USA	747 343.845	Chine	341 667.824
Canada	257 576.861	Mexique	81 449.757
Norvège	126 066.923	Hong Kong (Chine)	59 074.883
Allemagne	119 247.000	Malaisie	56 050.296
Danemark	28 584.288	Afrique du Sud	37 810.199
Finlande	23 090.015	République de Corée	28 660.552
Suède	22 193.489	Brésil	20 514.499
Autriche	19 635.049	Pakistan	13 807.516
Belgique	19 107.746	Colombie	13 242.899
Irlande	12 684.506	Bolivie	7 369.610
PROTECTION DES RESSOURCES NATURELLES			
USA	44 449.557	République de Corée	29 133.005
Norvège	24 449.045	Mexique	16 795.992
Danemark	14 405.854	Maroc	13 605.686
Suède	10 237.359	Ghana	13 278.407
Canada	8 770.182	Chine	12 095.779
Allemagne	6 909.000	Tanzanie	10 851.627
Autriche	4 405.931	Malaisie	8 514.480
Finlande	4 247.150	Hong Kong (Chine)	8 300.863
Islande	3 398.736	Pérou	5 541.294
Belgique	3 359.951	Brésil	5 419.172
REDUCTION DES BRUITS ET DES VIBRATIONS			
USA	5 256 511.393	Chine	1 668 484.466
Allemagne	2 435 641.000	Mexique	1 216 729.776
Canada	1 798 516.897	Brésil	430 246.488
Autriche	1 122 891.014	République de Corée	325 846.928
Suède	460 307.670	Malaisie	128 028.923
Belgique	178 288.990	Hong Kong (Chine)	88 928.383
Danemark	38 182.691	Afrique du Sud	82 600.063
Norvège	28 871.923	Colombie	56 943.290
Finlande	26 769.674	Pakistan	42 880.856
Irlande	8 669.048	Pérou	20 354.943

Source: ICTSD, 2008, *Environmental priorities and Trade Policy for Environmental Goods: A reality Check*, Issue paper N°7, septembre, pp. 44-45.

Annexe 8.**Liste des produits et technologies liés aux énergies renouvelables primaires - Catégories et codes du Système Harmonisé**

Catégories	Codes SH
	220710
Alcool éthylique non dénaturé d'un titre alcoométrique volumique de 80% vol ou plus ; alcool éthylique et eaux de vie dénaturés de tous titres ¹²⁹	220720
	382490
Biodiesel et résidus de corps gras utilisables comme combustibles	
Bois de chauffage (4401) :	440110
Bois de chauffage en rondis, bûches, ramilles fagots ou sous formes similaires	440130
Sciures, déchets et débris de bois, même agglomérés sous forme de bûches, briquettes, boulettes ou sous forme similaires	
	440200
Charbons de bois, de coques ou de noix	
Turbines hydrauliques, roues hydrauliques et leurs régulateurs (8410) :	841011
D'une puissance n'excédant pas 1 000 kW	841012
D'une puissance excédant 1 000 kW mais n'excédant pas 10 000 kW	841013
D'une puissance excédant 10 000 kW	841090
Parties, y compris les régulateurs	
Autres moteurs et machines motrices (8412) :	841280
Moteurs à vapeur, éolienne sans pompes	841290
Parties pour moteurs à vapeur et éolienne	
Pompes pour liquides, élévateurs à liquides (8413) :	841381
Pompes éoliennes	
Appareils et dispositifs pour le traitement des matières par des opérations impliquant un changement de température : (8419)	
Chauffe eau non électriques, à chauffage instantané ou à accumulation – autres (chauffe – eau solaires)	841919
Groupe électrogène et convertisseurs rotatifs électriques (8502) :	850231
Autres groupes électrogènes et à énergie éolienne	
Autres groupes électrogènes – autres (groupe électrogène combinant un générateur électrique et une turbine hydraulique ou un moteur Stirling)	850239
Diodes, transistors et dispositifs similaires à semi conducteur (8541) :	
Dispositifs photosensibles à semi-conducteurs, y compris les cellules photovoltaïques même assemblée en modules ou constituées en panneaux ; diodes émettrices de lumière (cellules et modules photovoltaïques)	854140

Source : OCDE, 2005e, *Libéralisation des échanges de produits liés aux énergies renouvelables et de biens associés : charbon de bois, systèmes solaires photovoltaïques, aérogénérateurs et pompes éoliennes*, Document de travail de l'OCDE sur les échanges et l'environnement, N°07.

¹²⁹ « L'alcool éthylique, dont une partie seulement est classée sous la position SH 22.07 et utilisée comme combustible, est couverte par l'Accord sur l'agriculture. Il ne figure dans cette liste que par souci d'exhaustivité » [OCDE, 2005e, p.35]

Annexe 9.**Tests statistiques**
Modèles de régressions linéaires multiples
par l'estimateur des moindres carrés ordinaires**Spécification des équations**

$$\text{[Equation 1] } \ln IE_t = \alpha_t + \beta_1 \ln IDE_t + \beta_2 d.BHT_t + \beta_3 d.BEQ_t + \beta_4 d.BI_t + \beta_5 d.Benv_t + \varepsilon_t$$

$$\text{[Equation 2] } \ln IC_t = \alpha_t + \beta_1 \ln IDE_t + \beta_2 d.BHT_t + \beta_3 d.BEQ_t + \beta_4 d.BI_t + \beta_5 d.Benv_t + \varepsilon_t$$

$$\text{[Equation 3] } \ln IE_t = \alpha_t + \beta_1 d.IDEJap_t + \beta_2 d.BHTJap_t + \beta_3 d.BEQJap_t + \beta_4 d.BMTJap_t + \beta_5 d.BEAJap_t + \varepsilon_t$$

$$\text{[Equation 4] } \ln IC_t = \alpha_t + \beta_1 d.IDEJap_t + \beta_2 d.BHTJap_t + \beta_3 d.BEQJap_t + \beta_4 d.BMTJap_t + \beta_5 d.BEAJap_t + \varepsilon_t$$

Avec :

- **Ln IE_t** le logarithme naturel de l'intensité énergétique du PIB PPA chinois au temps t,
- **Ln IC_t** le logarithme naturel de l'intensité carbonique du PIB PPA chinois au temps t,
- **Ln IDE_t** le logarithme naturel de la part des IDE entrants en Chine dans la FBCF chinoise au temps t,
- **d.BHT_t** la part des importations chinoises de biens de haute technologie dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- **d.BEQ_t** la part des importations chinoises de biens d'équipements dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- **d.BI_t** la part des importations chinoises de biens intermédiaires dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- **d.Benv_t** la part des importations chinoises de biens environnementaux dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- **d.IDEJap_t** la part des IDE entrants en Chine depuis le Japon dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- **d.BHTJap_t** la part des importations chinoises de biens de haute technologie depuis le Japon dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- **d.BEQJap_t** la part des importations chinoises de biens d'équipement depuis le Japon dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- **d.BMTJap_t** la part des importations chinoises de biens de technologie moyenne depuis le Japon dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- **d.BEAJap_t** la part des importations chinoises de biens environnementaux groupe A « gestion de la pollution » depuis le Japon dans le PIB PPA chinois au temps t (en différence première),
- Le terme constant est représenté par **α_t** et la variable **ε_t** représente le terme d'erreur.

Tests de Dickey-Fuller

	Test	Statistique	1%	5%	10%	MacKinnon p-value	Obs
CST, TD	IE	-1.027	-4.343	-3.584	-3.230	0.9403	29
CST	IE	-6.122	-3.723	-2.989	-2.625	0.0000	29
No CST, TD	IE	-10.574	-2.654	-1.950	-1.602	-	29
CST, TD	IC	-0.958	-4.343	-3.584	-3.230	0.9495	29
CST	IC	-4.292	-3.723	-2.989	-2.625	0.0005	29
No CST, TD	IC	-8.137	-2.654	-1.950	-1.602	-	29
CST, TD	IDE	-0.379	-4.352	-3.588	-3.233	0.9875	28
CST	IDE	-1.381	-3.730	-2.992	-2.626	0.5915	28
No CST, TD	IDE	-0.318	-2.655	-1.950	-1.601	-	28
CST, TD	BHT	-1.693	-4.343	-3.584	-3.230	0.7541	29
CST	BHT	-0.513	-3.723	-2.989	-2.625	0.8895	29
No CST, TD	BHT	1.064	-2.654	-1.950	-1.602	-	29
CST, TD	BEQ	-2.198	-4.343	-3.584	-3.230	0.4912	29
CST	BEQ	-1.291	-3.723	-2.989	-2.625	0.6333	29
No CST, TD	BEQ	0.315	-2.654	-1.950	-1.602	-	29
CST, TD	BI	-2.274	-4.343	-3.584	-3.230	0.4483	29
CST	BI	-0.499	-3.723	-2.989	-2.625	0.8923	29
No CST, TD	BI	1.019	-2.654	-1.950	-1.602	-	29
CST, TD	Benv	-1.464	-4.380	-3.600	-3.240	0.8412	17
CST	Benv	-1.203	-3.750	-3.000	-2.630	0.6722	17
No CST, TD	Benv	0.612	-2.660	-1.950	-1.600	-	17
CST, TD	IDEJap	-2.045	-4.380	-3.600	-3.240	0.5769	22
CST	IDEJap	-1.998	-3.750	-3.000	-2.630	0.2874	22
No CST, TD	IDEJap	-0.407	-2.660	-1.950	-1.600	-	22
CST, TD	BEQJap	-2.513	-4.343	-3.584	-3.230	0.3216	29
CST	BEQJap	-1.854	-3.723	-2.989	-2.625	0.3540	29
No CST, TD	BEQJap	-0.238	-2.654	-1.950	-1.602	-	29
CST, TD	BHTJap	-2.733	-4.343	-3.584	-3.230	0.2228	29
CST	BHTJap	-1.678	-3.723	-2.989	-2.625	0.4426	29
No CST, TD	BHTJap	0.150	-2.654	-1.950	-1.602	-	29
CST, TD	BMTJap	-2.870	-4.343	-3.584	-3.230	0.1725	29
CST	BMTJap	-1.928	-3.723	-2.989	-2.625	0.3188	29
No CST, TD	BMTJap	-0.209	-2.654	-1.950	-1.602	-	29
CST, TD	BEAJap	-1.420	-4.380	-3.600	-3.240	0.8551	17
CST	BEAJap	-1.694	-3.750	-3.000	-2.630	0.4341	17
No CST, TD	BEAJap	-0.046	-2.660	-1.950	-1.600	-	17

Note : CST, TD : Modèle pour tester la racine unitaire estimé avec constante et tendance ; CST : Modèle pour tester la racine unitaire estimé avec constante et sans tendance ; No CST, TD : Modèle pour tester la racine unitaire estimé sans constante et sans tendance.

Résultats des estimations

	Ln (IE)		Ln (IC)	
	[Equation 1]	[Equation 3]	[Equation 2]	[Equation 4]
Ln (IDE)	0,4909*** (0,0474)		0,4743*** (0,0543)	
d.BHT	-0,2266** (0,0889)		-0,2256** (0,0985)	
d.BEQ	0,1763* (0,1034)		0,1698 (0,1120)	
d.Benv	-0,310 (0,0452)		-0,0387 (0,0503)	
d.BI	0,0834 (0,0625)		0,0857 (0,0687)	
d.IDEJap		0,0427 (0,0585)		0,0424 (0,0618)
d.BHTJap		-0,3631** (0,1570)		-0,3796*** (0,1475)
d.BEQJap		0,9528*** (0,2572)		0,9627*** (0,2440)
d.BEAJap		0,0039 (0,0518)		-0,0028 (0,0481)
d.BMTJap		-0,7573*** (0,1784)		-0,7532*** (0,1756)
Constante	-2,1074*** (0,1056)	-1,0240*** (0,0457)	-1,0639*** (0,1233)	-0,0205 (0,0462)
N	16	17	16	17
Fisher	F(5,10)=23,56	F(5,11)=3,78	F(5,10)=16,78	F(5,11)=3,85
Prob > F	0.0000	0.0308	0.0001	0.0292
R ² ajusté	0.7718	0.4691	0.7252	0.4634

Note : les valeurs entre parenthèses représentent les erreurs standards.

Par convention, * indique une significativité au seuil de 10%, ** à 5% et *** à 1%.

Tests statistiques

Les données ont été au préalable corrigées des problèmes de multi colinéarité et les *t* de *student* sont corrigés de l'hétéroscédasticité par la méthode de White.

- Test de non égalité des coefficients des variables explicatives :

[Equation 1]

○ Ho : $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=\beta_5$.
F(4,10)= 29.30 (Prob>F=0.0075).
L'hypothèse d'égalité des coefficients des variables est rejetée au seuil de 1%.

[Equation 3]

○ Ho : $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4$. F(3,13)=
4.65 (Prob>F=0.0193). L'hypothèse
d'égalité des coefficients des variables est
rejetée au seuil de 5%.

[Equation 2]

○ Ho : $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4$. F(3,12)=
20.95 (Prob>F=0.0067). L'hypothèse
d'égalité des coefficients des variables est
rejetée au seuil de 1%.

[Equation 4]

○ Ho : $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4$. F(3,13)=
4.78 (Prob>F=0.0176). L'hypothèse
d'égalité des coefficients des variables est
rejetée au seuil de 5%.

- Test de normalité des résidus :

[Equation 1]

○ La probabilité du test de normalité des résidus de **Skewness et Kurtosis** est de 0.24, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse H_0 de normalité des résidus.

[Equation 2]

○ La probabilité du test de normalité des résidus de **Skewness et Kurtosis** est de 0.38, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse H_0 de normalité des résidus.

[Equation 3]

○ La probabilité du test de normalité des résidus de **Skewness et Kurtosis** est de 0.77, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse H_0 de normalité des résidus

[Equation 4]

○ La probabilité du test de normalité des résidus de **Skewness et Kurtosis** est de 0.887, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse H_0 de normalité des résidus.

- Test d'exogénéité des variables explicatives :

[Equation 1]

○ Régression des résidus avec toutes les variables exogènes qui montre la non corrélation des résidus avec aucune des variables indépendantes.

[Equation 2]

○ Régression des résidus avec toutes les variables exogènes qui montre la non corrélation des résidus avec aucune des variables indépendantes.

[Equation 3]

○ Régression des résidus avec toutes les variables exogènes qui montre la non corrélation des résidus avec aucune des variables indépendantes.

[Equation 4]

○ Régression des résidus avec toutes les variables exogènes qui montre la non corrélation des résidus avec aucune des variables indépendantes.

- L'espérance mathématique des résidus est nulle

[Equation 1]

○ (6.40^e-10) .

[Equation 2]

○ (1.16^e-10)

[Equation 3]

○ (-6.57^e-10)

[Equation 4]

○ (4.47^e-09)

- Test d'omission de variables :

[Equation 1]

○ Test de Ramsey Reset qui vérifie si le modèle a omis des variables explicatives et si le modèle est mal spécifié (H_0 : le modèle n'a pas omis de variable). $F(3,7)=9.40$ avec une probabilité de 0.0075, on peut donc rejeter l'hypothèse H_0 au seuil de 1%.

[Equation 2]

○ Test de Ramsey Reset qui vérifie si le modèle a omis des variables explicatives et si le modèle est mal spécifié (H_0 : le modèle n'a pas omis de variable). $F(3,7)=9.78$ avec une probabilité de 0.0067, on peut donc rejeter l'hypothèse H_0 au seuil de 1%.

[Equation 3]

○ Test de Ramsey Reset qui vérifie si le modèle a omis des variables explicatives et si le modèle est mal spécifié (H_0 : le modèle n'a pas omis de variable). $F(3,8)=0.51$ avec une probabilité de 0.68, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse H_0 au seuil de 10%.

[Equation 4]

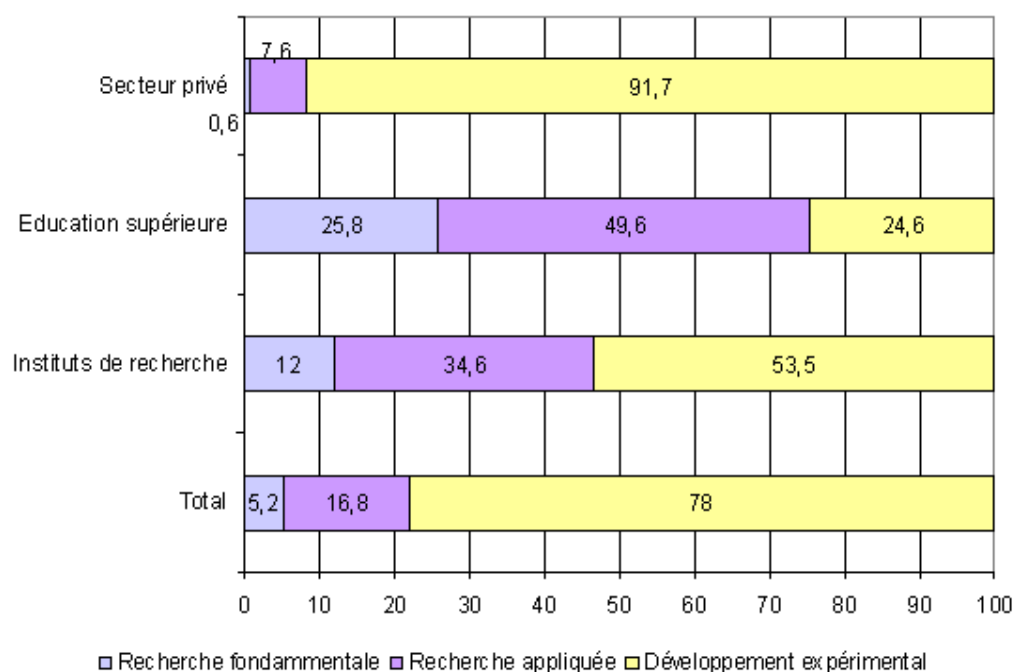
○ Test de Ramsey Reset qui vérifie si le modèle a omis des variables explicatives et si le modèle est mal spécifié (H_0 : le modèle n'a pas omis de variable). $F(3,8)=0.58$ avec une probabilité de 0.64, on ne peut donc pas rejeter l'hypothèse H_0 au seuil de 10%.

Annexe 10**Caractéristiques des activités de recherche et développement en Chine****Tableau 1.** Dépenses intérieures brutes de recherche et développement par source de financement et secteurs de performance (2006)

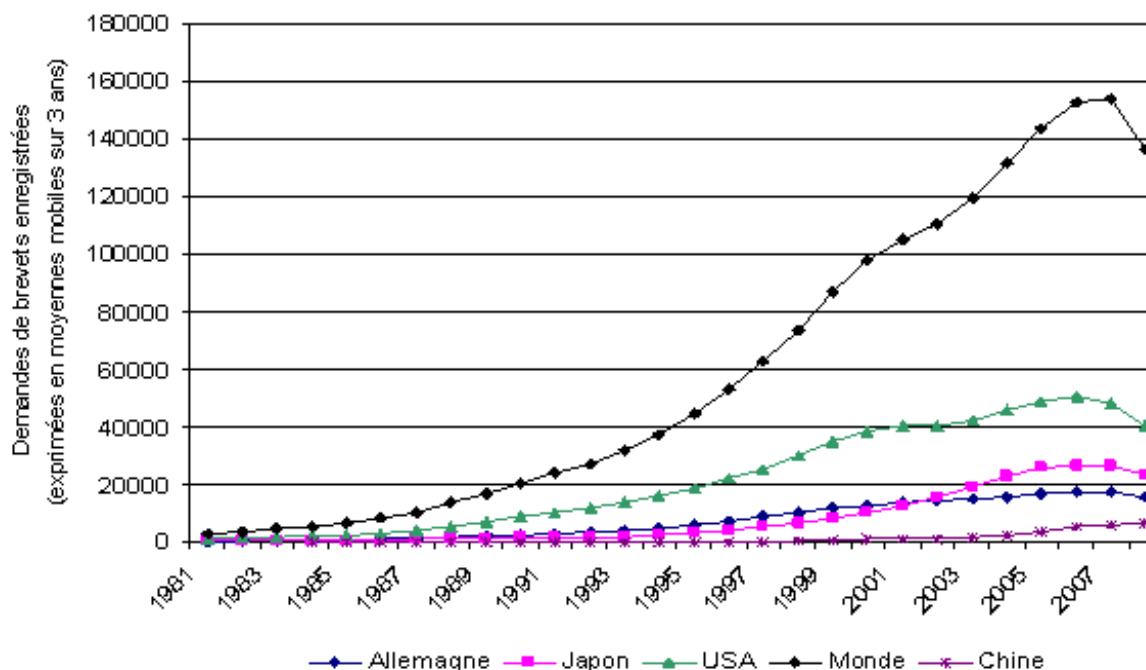
(100 millions de yuan)

Secteurs Source des fonds	Instituts de recherche	Secteur privé	Education supérieure	Autres	Total
Gouvernement	481.2	96.8	151.5	12.6	742.1
Secteur privé	17.3	1946.0	101.2	9.2	2073.7
Etranger	2.6	41.8	3.8	0.2	48.4
Autres	66.1	50.0	20.3	2.5	138.9
Total	567.3	2134.5	276.8	24.5	3003.1

Source: Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China (2007), *China Science & Technology Statistics Data Book*, Beijing, China.

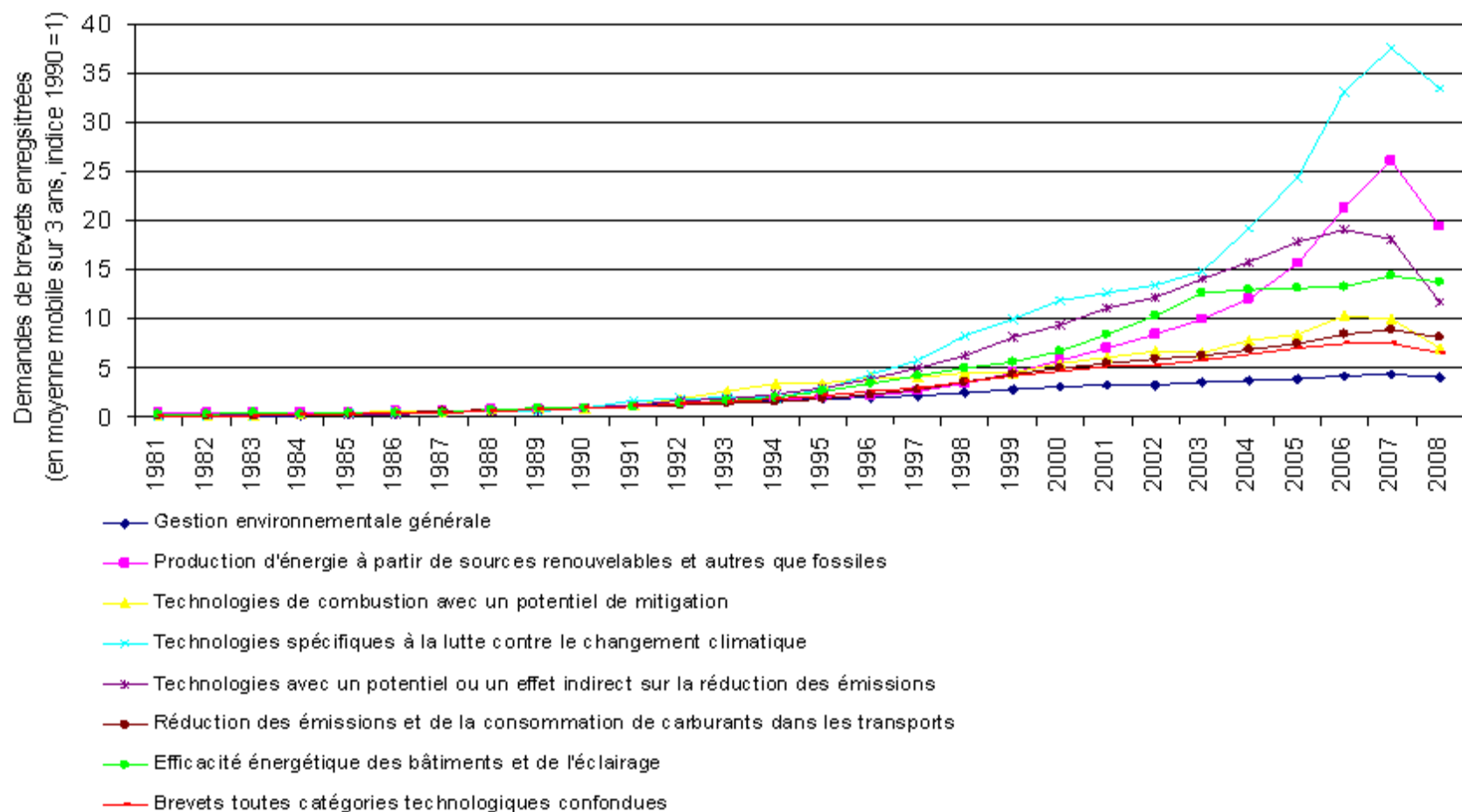
Graphique 1. Dépenses intérieures brutes de recherche et développement par type d'activités (2007)

Source: Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China (2007), *China Science & Technology Statistics Data Book*, Beijing, China.

Annexe 11.**Demandes de brevets enregistrés sous le Patent Co-operation Treaty (PCT)****Graphique 1. Demandes de brevets enregistrés tous secteurs technologiques confondus
(1981-2008)**

Notes : La date de référence retenue est la date de priorité et les brevets sont comptabilisés selon le pays de résidence de l'inventeur. Des comptes fractionnés sont appliqués pour des brevets qui ont de multiples inventeurs. Lorsqu'un brevet est inventé par différents inventeurs qui ont des pays de résidence distincts, leur contribution respective est prise en compte. Par exemple, un brevet co-inventé par une entité résidente en France, une aux Etats-Unis et deux en Allemagne sera comptabilisé comme : ¼ de brevet pour la France, ¼ de brevet pour les Etats-Unis et ½ pour l'Allemagne [OCDE, 2009b].

Source : D'après la base de l'OCDE, disponible à l'adresse <<http://stats.oecd.org/index.aspx?lang=fr>>

Graphique 2. Croissance des demandes de brevets enregistrées dans le secteur de l'environnement (1981-2008)

Note : Le classement des brevets par domaine environnemental reprend la classification de l'OCDE disponible à l'adresse <http://www.oecd.org/environment/innovation/indicator>

Source : D'après la base de l'OCDE, disponible à l'adresse <http://stats.oecd.org/index.aspx?lang=fr>

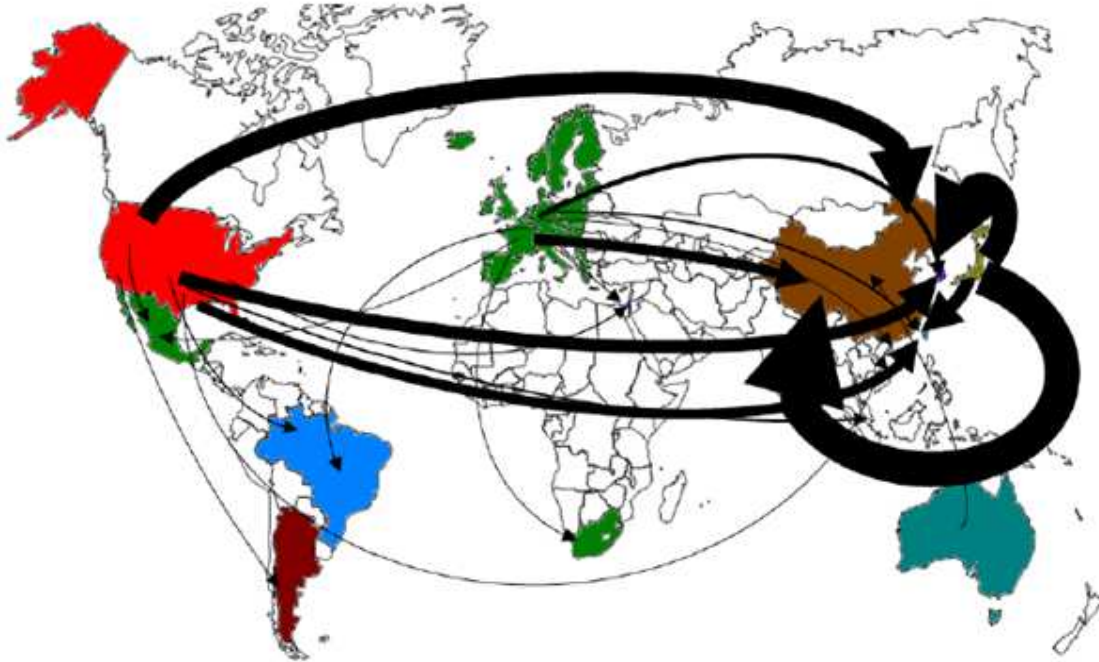
Annexe 12.
Les zones économiques spéciales en Chine



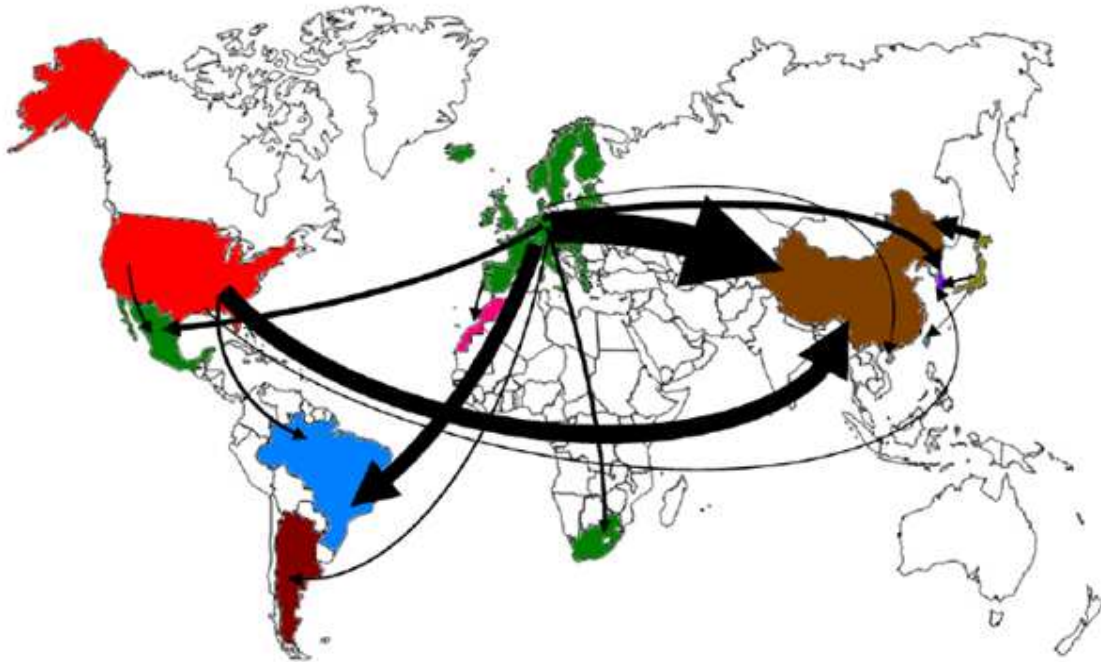
Source : Site Internet de *Population Data*, accessible à l'adresse <<http://www.populationdata.net>>

Annexe 13.
Transferts internationaux de technologies vertes sélectionnées, depuis les pays de l'Annexe I vers les pays non-Annexe I (1988-2007)

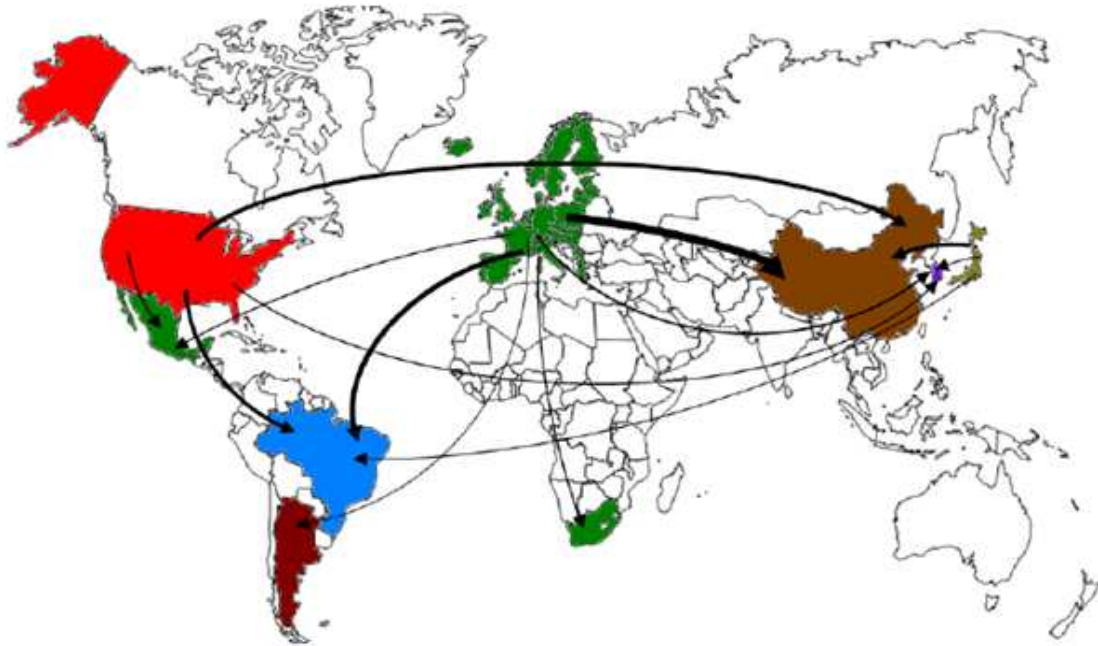
- Technologies solaires photovoltaïques



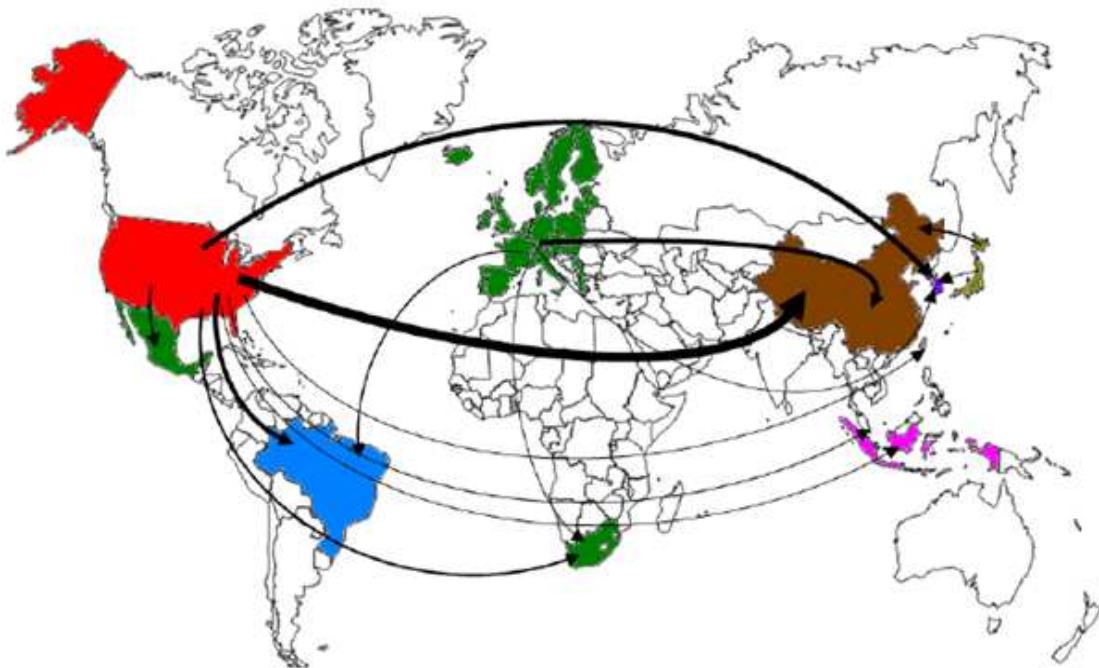
- Technologies éoliennes



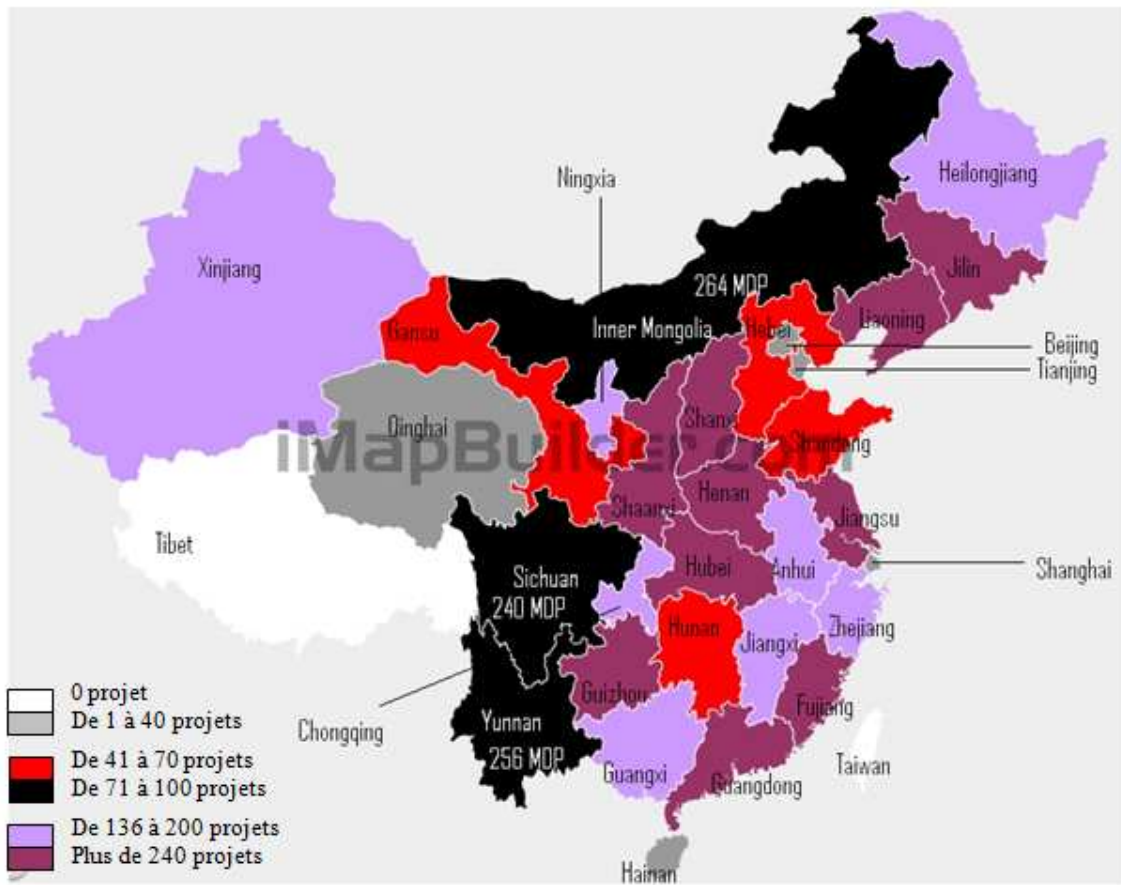
- Biocarburants



- Capture du CO₂



Source : Haščič *et al.*, 2010, *Climate Policy and Technological Innovation and Transfer : An overview of Trends and Recent Empirical Results*, OECD Environment Working Papers, N°30, OECD Publishing, disponible à l'adresse <<http://dx.doi.org/10.1787/5km33bnggcd0-en>>, p.37-38.

Annexe 14.**MDP implantés en Chine, répartis par provinces**

Source : D'après UNEP, 2011c, *CDM Project distribution within host countries by region and type*, UNEP Risoe Center, Juillet, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org/publications/CDMStatesAndProvinces.xlsx>>

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

« Entendre ou lire sans réfléchir est une occupation vaine ; réfléchir sans livre ni maître est dangereux. »

Confucius (-551, -479), Extrait des *Entretiens*

AIE, 2011a, *Key World Energy Statistics*, Agence Internationale de l'Energie, Paris, disponible à l'adresse http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2011.pdf

AIE, 2011b, *Trends in Photovoltaic Applications – Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2010*, Agence Internationale de l'Energie, Août, Paris.

AIE, 2010, *Key World Energy Statistics*, Agence Internationale de l'Energie, Paris, disponible à l'adresse <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf >

AIE, 2009, *Key World Energy Statistics*, Agence Internationale de l'Energie, Paris, disponible à l'adresse <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf>

AIE, 2005a, *Climate Change, Clean Energy and Sustainable Development*, IEA's G8 Gleneagles Programme, Agence Internationale de l'Energie, Septembre, disponible à l'adresse <http://www.iea.org/g8/docs/G8_Leaflet_WEB.pdf>

AIE, 2005b, *Deploying Climate Friendly Technologies through Collaboration with developing countries*, IEA Information Paper, Agence Internationale de l'Energie, Novembre, disponible à l'adresse <http://www.naider.com/upload/Climate_Friendly_Tech_COP11.pdf>

AIE, 2004, *Renewable information 2004*, Agence Internationale de l'Energie, Publications OCDE, Paris.

AITKEN B.J. et HARRISON A.E., 1999, Do domestic firms benefit from Direct Foreign Investment ? Evidence from Venezuela, *American Economic Review*, Vol.89, N°3, pp.605-618.

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, Septembre, pp.877-908.

APEC, 2001, *Survey of Environmental Markets in APEC*, APEC Secretariat, Asia Pacific Cooperation Committee on Trade and Investment, Juin, Singapour.

ARAYA M., 2005, FDI and the Environment: What Empirical Evidence Does- and Does Not-Tell Us, in L. ZARSKY (ed.) *International Investment For Sustainable Development: Balancing Rights and Rewards*, London & Sterling, Earthcan, pp.46-73.

ARCHIBUGI D. et COCO A., 2004, A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo), *World Development*, Vol.32, N°4, pp.629-654.

- ARTUS P., MISTRAL J. et PLAGNOL V., 2011, *L'émergence de la Chine : impact économique et implications de politique économique*, Rapport au Conseil d'Analyse Economique, N°98, 20 juin.
- AUBERT C., 2005, Le devenir de l'économie paysanne en Chine, *Revue Tiers-Monde*, Vol.46, N°183, pp.419-515.
- AUBERT C. et LI X., 2002, Sous-emploi agricole et migrations rurales en Chine, faits et chiffres, *Perspectives Chinoises*, Vol.70, N°1, pp.49-61.
- AUBIN C., BERDOT J.P., GOYEAU D. et LEONARD J., 2006, Investissements directs américains et européens dans les PECOs. Quel rôle des effets de change ?, *Revue Economique*, Vol.57, N°4, juillet, pp.771-792.
- BANQUE MONDIALE, 2008, *International Trade and Climate Change*, 41453, The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington D.C.
- BANQUE MONDIALE, 2004, *Clean Development Mechanism in China*, 20433, The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington D.C.
- BANQUE MONDIALE, 1992, *Rapport sur le développement dans le monde 1992 – Le développement et l'environnement*, The World Bank, Washington D.C.
- BARREAU B. et BUDA J., 2009, La Chine dans le processus de Copenhague : la difficile inclusion d'un grand émergent, Complément 2C au Rapport du CAE, in J. TIROLE (dir.) *Politique climatique : une nouvelle architecture internationale*, Conseil d'Analyse Economique, La Documentation Française, Paris.
- BAUMOL W.J. et OATES W.E., 1988, *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press, 2ème édition.
- BELL M. et PAVITT K., 1997, The development of technological capabilities, in I.U. HAQUES et M. BELL *et al.* (dir.) *Trade, Technology and International Competitiveness*, Economic Development Institute of the World Bank, Washington D.C., 2ème édition.
- BLACKMAN A., 2002, The Economics of Technology Diffusion: Implications for Sustainable Development, *Resources For the Future*, N°24, Août, disponible à l'adresse <<http://www.rff.org/RFF/Documents/RFF-IB-02-24.pdf>>
- BLACKMAN A., 1999, The Economics of Technology Diffusion: Implications for Climate Policy in Developing Countries, *Resources For the Future*, N°42, Juin, disponible à l'adresse <<http://www.rff.org/RFF/Documents/RFF-DP-99-42.pdf>>
- BLACKMAN A. et WU X., 1998, Foreign Direct Investment in China's Power Sector: Trends, Benefits and Barriers, *Resources for the Future*, N°50, Septembre, disponible à l'adresse <<http://www.rff.org/RFF/Documents/RFF-DP-98-50.pdf>>
- BLYDE J.S., 2006, *Assessing the impacts of intellectual property rights on trade flows in Latin America*, INTAL-ITD Occasional Paper, N°34, Inter-American Development Bank, Integration and Regional Programs Department, disponible à l'adresse <http://www.iadb.org/intal/aplicaciones/uploads/publicaciones/i_INTALITD_OP_34_2006_Blyde.pdf>

- BLYDE J.S. et ACEA C., 2003, How does Intellectual Property Affect Foreign Direct Investment in Latin America, *Integration and Trade Journal*, N°19, Juillet - Décembre, pp.135-152.
- BOISSIN O., FIGUIERE C., SIMON J.C., 2000, *IDE, transfert technique et dynamique économique : le cas de la Chine*, Sixième séminaire international de recherche Euro-Asie Les transferts de technologies en Chine : quelles stratégies pour l'Asie et l'Europe ?, Mai, Limerick, Irlande.
- BOISSIN O. et HE Y., 2005, *Zones de hautes technologies et politique de développement en Chine – Eléments d'analyse*, Journée d'étude « Développement des agglomérations d'entreprises et cluster en Asie », Université Pierre Mendès France, 23 juin.
- BORDE A. et JOUMNI H., 2007, Le recours au marché dans les politiques de lutte contre le changement climatique, *Revue Internationale et Stratégique*, Vol.3, N°67, pp.53-66.
- BOSWORTH D. et YANG D., 2000, Intellectual property law, technology flow and licensing opportunities in the People's republic of China, *International Business Review*, Vol.9, N°4, Août, pp.453-477.
- BOULANGER E., CONSTANTIN C. et DEBLOCK C., 2008, Le régionalisme en Asie : un chantier, trois concepts, *Mondes en Développement*, Vol.4, N°144, pp.91-104.
- BOULANGER P.M., BRECHET T. et LUSSIS B., 2005, Le Mécanisme pour un Développement Propre tiendra-t-il ses promesses ?, *Reflets et Perspectives*, Tomme LIV, N°3, pp.5-27.
- BOULANGER P.M., LUSSIS B., BRISME C., HUPPEN L., BRECHET T., GERMAIN M. et GRANDJEAN G., 2004, *Le Mécanisme pour un développement propre : conception d'outils et mise en œuvre*, Plan d'appui scientifique à une politique de développement durable (PADD II) ; Politique scientifique fédérale, Janvier.
- BRECHET T., 2009, Croissance économique, environnement et bien-être, *La Lettre de l'AFSE*, N°74, pp.9-13.
- BREWER T.L., 2008, *International energy technology transfers for climate change mitigation – What, Who, How, Why, Where, How Much...And the Implications for International Institutional Architecture*; CESifo Working Paper Series, N°2408, Septembre.
- BRICONGNE J.C. et POULAIN J.G., 2006, Les statistiques financières permettent-elles d'appréhender les évolutions liées à la mondialisation ?, *Bulletin de la Banque de France*, N°156, Décembre.
- BRODHAG C., 2001, *Glossaire du Mécanisme pour un développement propre*, Agora 21, disponible à l'adresse <<http://www1.agora21.org/energie/GlossaireMDP.PDF>>
- BRUNNERMEIER S.B. et COHEN M.A., 2003, Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.45, N°2, Mars, pp.278-293.
- BURNS T., 2009, Air Pollution Control and Environmental Technologies, *World Trade Organisation Workshop on Environmental Goods and Services*, 25 Septembre, Genève.
- CAI Z., 2004, Les ressources en eau et leur gestion en Chine, *Géocarrefour*, Vol.79, N°1, disponible à l'adresse <<http://geocarrefour.revues.org/index510.html>>

- CANTON J., 2007, *Environmental taxation and international eco-industries*, FEEM Working Paper, N°26, Fondazione Eni Enrico Mattei, disponible à l'adresse <<http://www.feem.it/userfiles/attach/Publication/NDL2007/NDL2007-026.pdf>>
- CANNADY C., 2009, *Access to climate change technology by developing countries – A practical strategy*, ICTSD Programme on IPRs and Sustainable Development, ICTSD Issue Paper, N°25, disponible à l'adresse <<http://ictsd.org/i/publications/58385>>
- CDM EXECUTIVE BOARD, 2010, *Clean Development Mechanism Project Design Document – Sichuan Jinyanxi 8 MW Hydropower Project*, version 3, disponible sur <<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1265797959.33/view>>
- CDM EXECUTIVE BOARD, 2007, *Clean Development Mechanism Project Design Document – Gansu Diebu Duoer 32 MW Hydropower Project*, version 3, 8 juillet, disponible sur <<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1176285519.41/view>>
- CEDRAS J., 1958, Le paradoxe de Leontief et la théorie de la spécialisation internationale, *Revue Economique*, Vol.9, N°4, pp.577-611.
- CHANTEAU J.P., 2007, La notion d'avantage comparatif peut-elle expliquer les choix de spécialisation industrielle, *Economie et Société*, Série « Relations Economiques Internationales, N°38, pp.197-230.
- CHRISTMANN P. et TAYLOR G., 2001, Globalization and the environment: Determinants of firm self-regulation in China, *Journal of International Business Studies*, Vol.32, N°3, pp.439-458.
- CHUNG W., 2001, Identifying Technology Transfer in Foreign Direct Investment: Influence of Industry Conditions and Investing Firm Motives, *Journal of International Business Studies*, Vol.32, N°2, pp.211-229.
- CIENIEWSKI S., YANITCH J.P., AUSTRY S., 2005, La relation économique sino-japonaise, *Revue Asie*, N°115, Mai, Mission Economique de Singapour, disponible à l'adresse <[http://www.grenoble-ecobiz.biz/ccig/grexbdoc.nsf/0/3d2138fc0a8bae97c125701200419151/\\$File/Relations_%C3%A9co_sino-japonaises.pdf](http://www.grenoble-ecobiz.biz/ccig/grexbdoc.nsf/0/3d2138fc0a8bae97c125701200419151/$File/Relations_%C3%A9co_sino-japonaises.pdf)>
- CNUCED, 2010, *World Investment Report 2010*, United Nations Conference on Trade and development, New York et Genève, disponible à l'adresse http://unctad.org/en/docs/wir2010_en.pdf
- CNUCED, 2009, *WTO Negotiations on Environmental Goods and Services: A Potential Contribution to the Millennium Development Goals*, United Nations Conference on Trade and Development, New York et Genève.
- CNUCED, 2005, *Environmental Goods: Identifying items of Exports interest to Developing Countries*, United Nations Conference on Trade and Development, Genève.
- CNUCED, 2004, *UNCTAD's Work on Environmental Goods and Services: Briefing Note*, United Nations Conference on Trade and Development, Document N° TN/TE/INF/a, World Trade Organization, Genève.
- CNUCED, 2003, *Environmental Goods: Trade statistics of Developing Countries*, United Nations Conference on Trade and Development, Genève.
- COE D. et HELPMAN E., 1995, International R&D Spillovers, *European Economic Review*, Vol.39, N°5, Mai, pp.859-887.

- COE D., HELPMAN E. et HOFFMAISTER A.W., 1997, North-South R&D Spillovers, *The Economic Journal*, Vol.107, N°440, Janvier, pp.134-149.
- 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 Economics 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, Mars, pp.7-71.
- COPELAND B.R. et TAYLOR S.M., 1994, North-South Trade and the Environment, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 109, N°3, Août, pp.755-787.
- CREPON B., 2010, *Econométrie : Méthode et Application*, Editions De Boeck, Collection Ouvertures Economiques, Paris.
- CRQUI P. et KITOUS A., 2012a, 2010-2020 : une étape décisive pour l'avenir du climat planétaire, *Economie Appliquée*, Vol. LXV, N°2, « Questions pour Rio+20 », Juin, pp.47-76.
- CRQUI P. et MIMA S., 2012b, European Climate – Energy Security Nexus: a model based scenario analysis, *Energy Policy*, Vol.41, N°1, pp.827-842.
- DAMIAN M. et GRAZ J.C., 2001, Les grands paradigmes, in M. DAMIAN et J.C. GRAZ (dir.), *Commerce international et développement soutenable*, Paris, Economica, pp.19-55.
- DE CONINCK H., HAAKE F. et VAN DER LINDEN N., 2007, Technology Transfer in Clean Development Mechanism, *Climate Policy*, Vol.7, N°5, Janvier, pp.444-456.
- DE LA TOUR A., GLACHANT M. et MENIERE Y., 2010, *Innovation et transfert de technologie : le cas de l'industrie photovoltaïque en Chine*, World Intellectual Property Congress, 3-6 Octobre, Association Internationale pour la Protection de la Propriété Intellectuelle, Paris.
- DE SAINT VAULRY A., 2008, *Base de données CHELEM – Commerce international du CEPII*, Document de travail, N°2008-09, Juin.
- DEAN J.M., 1992, Trade and the environment: a survey of the literature, in P. LOW (ed.) *International Trade and the Environment*, World Bank Discussion Papers, N°159, The World Bank, Washington D.C.
- DECHEZLEPRETRE A., 2009, *Invention and International Diffusion of Climate Change Mitigation Technologies: An Empirical Approach*, Thèse de doctorat pour l'obtention du grade de Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Spécialité Economie et Finance.
- DECHEZLEPRETRE A. GLACHANT M., HASCIC I., JOHNSTINE N. et MENIERE Y., 2010, *Invention and transfer of climate change mitigation technologies on a global scale: a study drawing on patent data*, Centre for climate change economics and policy, Working Paper N°19, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Working paper N°17.
- DECHEZLEPRETRE A., GLACHANT M., HASCIC I., JOHNSTINE N. et MENIERE Y., 2009a, *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A study Drawing on Patent Data*, *CERNA Research programme on Technology Transfer and Climate Change*, 24 Février.

- DECHEZLEPRETRE A., GLACHANT M. et MENIERE Y., 2009b, Technology Transfer by CDM Projects: a Comparison of Brazil, China, India and Mexico, *Energy Policy*, Vol.37, N°2, pp.703-711.
- DECHEZLEPRETRE A., GLACHANT M. et MENIERE Y., 2008, The CDM and the International Diffusion of Technologies: An Empirical Study, *Energy Policy*, Vol.36, N°4, pp.1273-1283.
- DECHEZLEPRETRE A., GLACHANT M. et MENIERE Y., 2007, *The North-South transfer of climate friendly technologies through the Clean development Mechanism*, CERNA, ADEME, International Affairs Division, Programme de Recherches Gestion et Impacts du Changement Climatique, Octobre.
- DEKKER T., VOLLEBERGH H.R.J., DE VRIES F.P. et WITHAGEN C., 2009, *Inciting Protocols – How international environmental agreements trigger knowledge transfers*, Tinbergen Institute Discussion Paper, N°060/3, disponible à l'adresse <<http://www.tinbergen.nl/discussionpapers/09060.pdf>>
- DERNIS H., GUELLEC D., 2001, Using patent counts for cross-country comparisons of technology output, *STI Review*, N°27, OECD, disponible à l'adresse <<http://www.oecd.org/dataoecd/26/11/21682515.pdf>>
- 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
- DOUKAS H., KARAKOSTA C. et PSARRAS J., 2009, RES technology transfer within the new climate regime : a « helicopter » view under the CDM, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.13, N°5, pp.1138-1143.
- DOURILLE-FEER E., 1998, *L'économie du Japon*, Collection Repères, Editions La Découverte, Paris.
- EATON J. et KORTUM S., 1999, International Technology Diffusion: Theory and Measurement, *International Economic Review*, Vol.40, N°3, Août, pp.537-570.
- EATON J. et KORTUM S., 1996, Trade in Ideas Patenting and Productivity, *OECD Journal of international Economics*, Vol.40, N°3-4, Mai, pp.251-278.
- EDQUIST C. et EDQUIST O., 1979, Social Carriers of Techniques for Development, *Journal of Peace Research*, Vol.16, N°4, Décembre, pp.313-331.
- ELLIS J. et KAMEL S., 2007, *Overcoming barriers to Clean development Mechanism project*, OCDE Environment Directorate, International Energy Agency, UNEP RISO C?ETER, Mai.
- EMMOTT B., 2008, What can China learn from Japan on cleaning up the environment, *The McKinsey Quarterly*, N°4, pp.125-129.
- ENTTRANS, 2007, *Promoting Sustainable Energy Technology Transfers through the CDM : Converting from a Theoretical Concept to Practical Action*, European Union Sixth Framework Programme, Project: The Potential of Transferring and Implementing Sustainable Energy Technology through the Clean Development Mechanism, Janvier 2006- Décembre 2007.
- EPO, 2010, *Patents and clean energy: bridging the gap between evidence and policy*, Final Report, United Nations Environmental Programme, European Patent Office,

- International Centre for Trade and Sustainable Development disponible à l'adresse <<http://www.epo.org/news-issues/issues/clean-energy/study.html>>
- ESTY D.C., 2001, Bridging the Trade-Environment Divide, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.15, N°3, Summer, pp.113-130.
- EUROOBSERV'ER, 2012, Photovoltaic Barometer, *Le Journal du Photovoltaïque*, hors-série, N°7, Avril, pp.108-131.
- EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA), 2012, *Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016*, disponible à l'adresse <<http://files.epia.org/files/Global-Market-Outlook-2016.pdf>>
- FAGERBERG J., 1994, Technology and International Difference in Growth Rates, *Journal of Economic Literature*, Vol. 32, N°3, Septembre, pp.1147-1175.
- 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.
- FIGUIERE C. et GUILHOT L., 2006, La Chine, un hégémon régional en Asie Orientale ? Une approche d'Economie Politique Internationale, in Y. SHI et F. HAY (dir.) *La Chine : forces et faiblesses d'une économie en expansion...*, Presses Universitaires de Rennes, pp. 269-296.
- FIGUIERE C. et GUILHOT L., 2005, *La Chine et le Japon : concurrentes pour un « hégémon régional » ? Premiers jalons pour une approche en EPI de l'Asie Orientale*, Deuxième Congrès du Réseau Aie, Paris, 28-30 septembre.
- FIGUIERE C. et ILASCA C., 2013, Les avatars du régime climatique au prisme du paradoxe asiatique ou comment la Chine fait basculer Kyoto à Copenhague, in O. FERRARI et D. BOURG (dir.) *Politiques environnementales en Asie du Sud-Est : enjeux pratiques et idéologies*, Editions du CNRS [à paraître].
- 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*, Vol. 26, N°1, pp.77-97
- FISHER-VANDEN K. et MUN S.H., 2010, Technology, Development and the Environment, *Journal of Environmental Economics and management*, Vol.59, N°1, Janvier, pp.94-108.
- FLAMOS A., 2010, The Clean Development Mechanism – Catalyst for Wide Spread Development of Renewable Energy Technologies ? or Misnomer ?, *Environment Development and Sustainability*, Vol.12, N°1, pp.89-102.
- FLAMOS A. et BEGG K., 2010, Technology Transfer insights for New Climate Regime, *Environment and Sustained Development*, Vol.12, N°1, pp.19-33.
- FLIESS B., 2009, The WTO Negotiations on Environmental Goods and Services: need for a Change in Mindset Away from a Free-standing Sectoral Deal in UNCTAD (ed.), *Trade and Environment Review*, 2009/2010 Genève.
- FRANCE I., 2005, Le rôle du Japon dans le processus de régionalisation en Asie, *Séminaire Intégration Régionale Comparée Asie/Amérique Latine*, CERDI, Paris, 12 octobre, disponible à l'adresse <<http://hal.inria.fr/docs/00/09/82/81/PDF/pub05054.pdf>>

- FORESTI G., GUIZZO S. et TRENTI S., 2010, *Environmental Policy, Technology and Trade in Environmental Goods: What about China?*; Servizio Studi e Recierche, Intensa Sanpaolo, Contribution au Colloque “The Chinese Economy”, Banca d’Italia, Novembre, disponible à l’adresse <<http://www.bancaditalia.it/studiricerche/convegni/atti/chinese-economy>>
- FONDS MONETAIRE INTERNATIONAL, 2007, *Concept of Offshore Financial Centers: In search of an operation definition*, IMF Working Paper, Avril, WP/07/87.
- FONDS MONETAIRE INTERNATIONAL, 1993, *Balance of payments manual*, 5^{ème} édition, Statistics Department, Washington D.C.
- FOUQUART J., 2009, *Chine et climat : objectif Copenhague*, Site Internet Objectif-Chine.com, 9 juillet, disponible sur <<http://www.objectif-chine.com/2009/07/09/chine-et-climat-objectif-copenhague/>>
- 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, pp.85-91.
- GALLAGHER K.P., 2009, Economic Globalization and the Environment, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol.34, pp.279-304.
- 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.
- GAULIER G., LEMOINE F. et UNAL-KESENCI D., 2006, China’s emergence and the reorganisation of trade flows in Asia, *CEPII Working Paper*, N°5, Mars, disponible sur <<http://www.cepii.fr/anglaisgraph/workpap/pdf/2006/wp06-05.pdf> >
- GIEC, 2007, *Glossary of terms used in the IPCC Fourth Assessment Report*, Working Groups I, II and III, disponible sur <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_appendix.pdf>
- GIEC, 2000, *Methodological and technological issues in technology transfer*, Special Report of IPCC Working Group III, Cambridge University Press.
- GODARD O. et HENRY C., 1998, Les instruments des politiques internationales de l’environnement : la prévention du risque climatique et les mécanismes de permis négociables, in D. BUREAU, O. GODARD, J.C. HOURCADE et A. LIPIETZ (dir.), *Fiscalité de l’environnement*, Rapport au Conseil d’Analyse Economique , La Documentation Française, Collection des Rapports du CAE, Paris, pp.83-174.
- GOLDEMBERG G.J. et MONACO L.C., 1991, Transfer and adaptation of environmentally sound energy technologies, *International Symposium on Environmentally Sound Energy Technologies and their Transfer to Developing Countries and European Economies in Transition*, Milan, Italie.
- 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>>
- GOURIEROUX C., 1989, *Econométrie des variable qualitatives*, 2ème Edition, Economica, Paris.
- 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., 1991a, *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. GARBER (ed.), *The Mexico-US Free Trade Agreement*, MIT Press, Cambridge, pp.13-56.
- GROSSMAN G.M. et KRUEGER A.B., 1991b, *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*, National Bureau of Economic Research Working Paper, N°3915, NBER, Cambridge MA.
- GRUBEL H. C. et LLOYD P. J., 1975, *Intra-industry trade, the theory and measurement of international trade in differentiated products*, Londres, Macmillan.
- GUERIVIERE D. P., 2008, *Les mécanismes pour un Développement Propre*, Chambre de Commerce et d'Industrie Française en Chine, Avril – mai, disponible sur <http://fce.ccifc.org/2008-05/doc/Proparco_MDP.pdf>
- GUOMING Z.C., YANGUI Z., SHUNQI G. et ZHAN J.X., 1999, *Cross Border Environmental Management and Transnational Corporations: the case of China*, UNCTAD Copenhagen Business Scholl.
- GUILHOT L., 2008, *L'intégration économique régionale de l'ASEAN+3 – La crise de 1997 à l'origine d'un régime régional*, Thèse de Doctorat pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences Economiques, Université Pierre Mendès France, Grenoble.
- HAITES E., DUAN M. et SERES S., 2006, Technology transfer by CDM projects, *Climate Policy*, Vol.6, N°3, pp.327-344
- 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.
- HALE G. et LONG C., 2006, *What determines Technological Spillovers of Foreign Direct Investment: Evidence from China*, Center Discussion Paper, N°934, Economic Growth Center, Yale University.
- HARBAUGH W., LEVINSON A., WILSON D., 2002, Re-Examining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve, *Review of Economics and Statistics*, Vol.84, N°3, pp.541-555.
- HART-LANDSBERG M., 2006, Neoliberalism, Myths and Reality, *The Monthly Review*, Avril, Vol.57, N°11, pp.1-17.
- HARVEY M.G., 1984, Application of Technology Life Cycles to Technology Transfers, *The Journal of Business Strategy*, Vol.5, N°2, pp.51-58.
- HASCIC I., JOHNSTONE N. et TRIGUI O., 2011, Environmental policy, Multilateral Environmental Agreements and International Markets for Innovation, in OCDE (ed.) *Invention and Transfer of Environmental Technologies*, OECD, Paris.
- HASCIC I., JOHNSTONE N. et KAMINKER C., 2010, *Climate Policy and Technological Innovation and Transfer: An overview of trends and recent empirical results*, OECD Environment Working Papers, N°30, disponible à l'adresse <<http://dx.doi.org/10.1787/5km33bnggcd0-en>>
- HAY F. et SHI Y., 2005, *La montée en puissance de l'économie chinoise*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes.

- 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., 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.
- HOYRUP D. et SIMON J.C., 2004, L'intégration industrielle en Asie Orientale: régionalisation et globalisation, in C. Taillard (dir.) *Nouvelle Organisation Régionale en Asie Orientale*, Editions indes Savantes, pp.147-165.
- HU A.G.Z. et JEFFERSON G.H., 2002, FDI Impact and Spillover: Evidence from China Electronic and Textiles Industries, *The World Economy*, Vol.25, N°8, pp.1063-1076.
- HU A.G.Z., JEFFERSON G.H. et JINGCHANG Q., 2005, R&D and Technology Transfer: Firm Level Evidence from Chinese Industry, *The Review of Economics and Statistics*, Novembre, Vol.87, N°4, pp.780-786.
- HUCHET J.F. et MARECHAL J.P., 2008a, Ethique et modèle de développement : l'avenir du climat au défi de la croissance économique chinoise, *Géoéconomie*, Vol.1, N°44, pp.33-58.
- HUCHET J.F., MICHALAK K. et THOMAS J.J., 2008b, Les limites environnementales du modèle de croissance chinois, in J.F. HUCHET et F. LEMOINE (dir.) *Dix Grandes Questions sur la Chine*, Le Club du Cepii, disponible à l'adresse <http://www.cepii.fr/francgraph/club/reunions/ouvrage/questions_chine.pdf>
- HUMBERT M., 2005, *Implantation des firmes japonaises en Chine*, Working Paper, Centres de Recherche sur la Culture Japonaise de Rennes, Mai, p.9
- HURLIN C., 2003, *Econométrie des variables qualitatives – Modèles dichotomiques linéaires*, Master Econométrie et Statistique appliquée, Université d'Orléans.
- ICTSD, 2008, *Environmental priorities and trade policy for environmental goods: a reality check*, Issue Paper, N°7, Septembre, International Centre for Trade and Sustainable Development, disponible à l'adresse <<http://ictsd.org/i/publications/32519/>>
- INFORMATION OFFICE OF THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2008a, *China's policies and Action for Addressing Climate Change*, Octobre, Pékin.
- INFORMATION OFFICE OF THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2008b, *Livre Blanc sur les politiques chinoises face au réchauffement climatique*, disponible à l'adresse <http://french.china.org.cn/china/txt/2008-10/29/content_16683870.htm>
- ITURREGUI P. et DUTSCHKE M., 2005, *Liberalization of Environmental Goods and Services and Climate Change*, HWWA Discussion Paper, N°335, Hamburg Institute of International Economics, Allemagne.
- IVUS O., 2010, Do stronger patent rights raise high-tech exports to developing world?, *Journal of International Economics*, Vol.81, N°1, Mai, pp.38-47.
- JACOT J.H., 1997, A general taxonomic approach to technology policy, in D.A. DYKER (ed.) *The technology of transition*, Central European University Press, Budapest, pp.20-28.

- JAFFE A.B. et PALMER K., 1997, Environmental regulation and innovation: a panel data study, *Review of Economics and Statistics*, Vol.79, N°4, pp.610-619.
- JAPAN PATENT OFFICE, 2011, *Annual report 2011*, Tokyo Japanese Patent Office.
- JAPAN PATENT OFFICE, 2007, *Annual report 2007*, Tokyo Japanese Patent Office.
- JAUSSAUD J. et REY S., 2012, Long-run determinants of Japanese Exports to China and the United States: A sectoral Analysis, *Pacific Economic Review*, Vol.17, N°1, pp.1-28.
- JOHNSTONE N., 1997, Globalisation, technology and environment, in OCDE (ed.), 1997, *Globalisation and environment. OECD Proceeding*, Paris, pp. 227-267.
- JOHNSTONE N. et HASCIC I., 2009, *Indicators of Innovation and Transfer in environmentally Sound Technologies: Methodological Issues*, OECD Environment Working Paper, Working Party on National Environmental Policies, 23 juin, Environment Directorate, Environment Policy Committee.
- JOHNSTONE N., HASCIC I. et KALAMOVA M., 2011a, Environmental policy design Characteristics and Innovation, in OCDE (ed.) *Invention and Transfer of Environmental Technologies*, OECD, Paris.
- JOHNSTONE N., HASCIC I. et WATSON F., 2011b, Methodological issues in the Development of Indicators of Innovation and Transfer in Environmental Technologies, in OCDE (ed.) *Invention and Transfer of Environmental Technologies*, OCDE, Paris, pp.191-212.
- JOUMNI H., 2003, Les perspectives de mise en œuvre du Mécanisme de Développement Propre : enjeux et contraintes, *Cahiers du GEMDEV*, N°29, Octobre, pp.95-115.
- JUNG M., 2006, Host country attractiveness for CDM non-sink projects, *Energy Policy*, Vol.34, N°15, pp.2173-2184.
- JUSTUS D. et PHILIBERT C., 2005, *International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation, Synthesis Report*, International Energy Agency, Organisation For Economic Co-Operation and Development, Novembre.
- KELLER W., 2004, International Technology Diffusion, *Journal of Economic Literature*, Vol.42, N°3, pp.752-784.
- KENNETT M. et STEENBLIK R., 2005, *Environmental Goods and Services: A synthesis of Country Studies*, OECD Trade and Environment Working Paper, N°3, Joint Working Party on Trade and Environment, OCDE.
- KITOUS A., CRIQUI P., BELLEVRATE E. et CHATEAU B., 2010, Transformation patterns of the worldwide energy system – Scenarios for the century with POLES model, *Energy Journal*, Vol.31, Special Issue N°1 on the Economics of Low Stabilization, pp.57-90.
- KLEICHE M., 2006, Aide au développement et marché carbone, *Revue d'Economie Financière*, Mars, Vol.2, N°83, pp.55-76.
- KNELLER R., 2005, Frontier technology, absorptive capacity and distance, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol.67, N°1, pp.1-23.
- KPODAR K., 2007, *Manuel d'initiation à Stata*, Center d'Etudes et de Recherche sur le Développement International, février.
- KRUGMAN P., 1991, Increasing Returns and Economic Geography, *Journal of Political Economy*, Vol.99, N°3, pp.483-499.

- KRUGMAN P., 1981, Intra-industry Specialization and the Gains from Trade, *Journal of Political Economy*, Vol.89, N°5, pp.959-973.
- KRUGMAN P., 1979, Increasing Returns, Monopolistic Competition, and International Trade, *Journal of International Economics*, Vol.9, N°4, Novembre, pp.469-479.
- KWAN C.H., 2004, Complementarity in Sino-Japanese Relations, *The Japanese Economy*, Vol.31, N°3-4, pp.60-66.
- KYOJI F., 2004, The future of Japan-China trade and the industrial structure of both countries, *The Japanese Economy*, Vol.31, N°3, pp.77-107.
- LACOUR P., 2008, *Complémentarité des spécialisations productives chinoises et japonaises : arguments théoriques et analyse empirique*, Mémoire de Master 2 Economie Internationale et Globalisation, Spécialité Recherche Economie et Politique Internationale, Université Pierre Mendès France, Grenoble.
- LACOUR P. et SIMON J.C., 2013, Les mécanismes pour un développement propre au cœur de l'intégration des pays en développement dans le régime climatique : un panorama des enjeux pour les pays d'Asie du Sud-est, in O. BOURG et D. FERRARI (dir.) *Les politiques environnementales en Asie du Sud-est – Enjeux, pratiques et idéologies* [à paraître]
- LACOUR P. et SIMON J.C., 2012a, *Les avancées du Mécanisme de Développement Propre : Une étape décisive vers un développement « décarboné » au Sud ?*, XXVIIIèmes journées du développement ATM 2012 « Mobilités internationales, déséquilibres et développement : vers un développement durable et une mondialisation décarbonée ?, Association Tiers-Monde, Laboratoire d'économie d'Orléans, Orléans, 11-13 juin, disponible à l'adresse <http://creg.upmf-grenoble.fr/adminsite/objetspartages/liste_fichiergw.jsp?OBJET=DOCUMENT&CODE=1340105517906&LANGUE=0>
- LACOUR P. et SIMON J.C., 2012b, L'intégration des pays en développement dans le régime climatique: le mécanisme pour un développement propre, *Revue Développement Durable et Territoire* [à paraître].
- LACOUR P. et SIMON J.C., 2011, Developing economies in the current climate regime : new prospects for resilience and sustainability ? The case of CDM projects in Asia, 13th EADI General Conference 2011 *Rethinking development in an age of scarcity and uncertainty : new values, voices and alliances for increased resilience*, University of York, 19-22 septembre, disponible à l'adresse <http://creg.upmf-grenoble.fr/adminsite/objetspartages/liste_fichiergw.jsp?OBJET=DOCUMENT&CODE=1330678971603&LANGUE=0>
- LACOUR P. et SIMON J.C., 2010, *L'intégration des pays en développement dans le régime climatique: le mécanisme pour un développement propre*, Communication à Crises et soutenabilité du développement : XXVIème Journée du Développement de l'Association Tiers-Monde, Strasbourg, 2-4 juin, disponible sur <<http://webu2.upmf-grenoble.fr/LEPII/spip/spip.php?article927>>
- LACROIX R. et SCHEUER P., 1976, L'effort de R&D, l'innovation et le commerce international, *Revue Economique*, Vol.27, N°6, pp.1008-1029.
- LALL S., 2003, Foreign direct investment, technology development and competitiveness: issues and evidence, in S. LALL et U. SHUJIRO (eds.) *Competitiveness, FDI and Technological Activity in East Asia*, Edward Elgar, Cheltenham, Royaume-Uni.

- LALL S., 1987, Multinationals and Technology Development in Host LDCs, in J.H. DUNNING et M. USUIN (eds.) *Structural Change, Economic Interdependence and World Development: Proceedings of the Seventh World Congress of the International Economic Association*, Macmillan, Madrid, , pp.193-209.
- LAMY J., 2006, D'un G8 à l'autre: Sécurité énergétique et changement climatique, *Politique étrangère*, Vol.71, N°1, Printemps, pp.131-144.
- LANJOUW J.O. et MODY A., 1996, Innovation and the International Diffusion of Environmentally responsive Technology, *Research Policy*, Vol.25, N°4, pp.549-571.
- LANZI D., 2007, Capabilities, human capital and education, *The Journal of Socio-Economics*, Vol.36, N°3, pp.424-435.
- LAPERCHE B., 2006, *Industrial property rights in China: incentive to innovate or to invest?*, First Annual Conference of the EPIP Association : Policy, Law and Economics of Intellectual property, European Patent Office, Munich, 7-9 Septembre.
- LASSUDRIE-DUCHENE B. et UNAL-KESENCI D., 2001, L'avantage comparatif, notion fondamentale et controversée, in L. FONTAGNE (dir.), 2001, *L'économie mondiale 2002*, Repère, La Découverte, Paris, pp.90-104.
- LEMOINE F., 2007, Le montée en puissance de la Chine et l'intégration économique en Asie, *Hérodote*, Vol.2, N°125, pp.62-76.
- LEMOINE F., 2006a, *L'économie de la Chine*, Collection Repères, Editions la Découverte, Paris.
- LEMOINE F., 2006b, La pénurie de main-d'œuvre en Chine n'est pas pour tout de suite, *La Lettre du CEPII*, N°259, Septembre, Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales.
- LEMOINE F., 2000, *FDI and the opening up of China's economy*, Working Paper, CEPII, juin, N°00-11.
- LEMOINE F., 1996, L'intégration de la Chine dans l'économie mondiale, *Revue Tiers-Monde*, Vol.37, N°147, pp. 493-523.
- LEMOINE F. et UNAL-KESENCI D., 2007, Chine et Inde : la percée des nouveaux acteurs du commerce international, *Les Cahiers Français*, N°341, Novembre-Décembre, pp.56-61.
- LEMOINE F. et UNAL-KESENCI D., 2003, *Commerce et transfert de technologies : les cas comparés de la Turquie, de l'Inde et de la Chine*, Working Paper, CEPII, N°16, Novembre.
- LEMOINE F. et UNAL-KESENCI D., 2002a, Chine : spécialisation internationale et rattrapage technologique, *Economie Internationale*, Vol. 4, N°92, pp.11-40.
- LEMOINE F. et UNAL-KESENCI D., 2002b, *China in the international segmentation of production processes*, Document de travail du CEPII, N°02, mars.
- LEUENBERGER H., 2009, Technology transfer for sustainable industrial development, *World Trade Organization on Environmental Goods and Services*, 25 septembre, Genève.
- LEVASSEUR S., 2002, IDE et stratégies des entreprises multinationales, *Revue de l'OFCE*, Hors-série, mars, pp.103-152.

- LEVY J.C., 2009, *L'économie circulaire : l'urgence écologique ?*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- LIUANE N., et TEFFAHI B., 2007, *La diffusion technologique par le commerce international : le rôle de la capacité d'absorption (Etude empirique entre les pays de l'OCDE et les pays MENA)*, Working Paper, Perspectives Stratégiques et Développement Durable, disponible à l'adresse <http://www.ps2d.net/media/naoufel_liouane_besma_teffahi.pdf>/
- LIU W., 2005, Intellectual property protection related to technology in China, *Technology Forecasting and Social Change*, Vol.72, N°3, Mars, pp.339-348.
- LLORCA M. et MEUNIE A., 2009, SO₂ Emissions and the Environmental Kuznets Curve : the Case of Chinese Provinces, *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, Vol.7, N°1, pp.1-16.
- LOVELY M. et DEAN J.M., 2010, Trade Growth, Production Fragmentation and China's Environment, in R.C. FEENSTRA et S.J. 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.
- LUNDIN N. et SCHWAAG SERGER S., 2007, *Globalization of R&D and China – Empirical Observations and Policy Implications*, Working Paper, Research Institute of Industrial Economics, N°710.
- LUSSIS B., 2002, Transferts de technologies dans le mécanisme pour un développement propre, *Working Paper*, Institut pour un développement durable, disponible à l'adresse <<http://users.skynet.be/idd/documents/MDP/MDPn012.pdf>>
- MACDONALD G.J., 1992a, Technology transfer: the climate change challenge, *Journal of Environment & Development*, Vol.1, N°1, Juin, pp.1-39.
- MACDONALD G.J., 1992b, *Climate change: a challenge to the means of technology transfer*, Institute on Global Conflict and Cooperation, University of California, San Diego.
- MADDALA G.S., 1983, *Limited dependent and qualitative variables in econometrics*, Econometric society monographs N°3, Cambridge University Press, New York.
- MADDISON A., 2007, *L'économie chinoise. Une perspective historique*, Etudes de l'OCDE, Paris.
- MAKOWER J. et PERNICK R., 2001, *Clean techn : profits and potential*, CleanEdge the Clean market authority, disponible à l'adresse <<http://www.cleantech.com/reports/clean-tech-profits-and-potential>>
- MANAGI S., 2004, Trade Liberalization and the Environment: Carbon Dioxide for 1960-1999, *Economics Bulletin*, Vol.17, N°1, pp.1-6.
- MANSFIELD E., 1975, International technology transfer: form, resource, requirements and policy, *American Economic Review*, Vol.65, N°2, pp.372-376
- MANSFIELD E., 1961, Technical Change and the Rate of Imitation, *Econometrica*, N°29, pp.741-765.

- MANSFIELD E. et ROMEO A., 1980, Technology transfer to Overseas Subsidiaries by US-Based Firms, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.99, N°4, pp.737-750.
- 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.
- MAOSHENG D. et HAITES E., 2006, Implementing the Clean Development Mechanism in China, *International Review for Environmental Strategies*, Vol.6, N°1, pp.153-168.
- MARTINOT E., 2010, Renewable power for China: Past, Present and Future, *Frontiers of Energy and Power Engineering in China*, Vol.4, N°3, pp.187-197.
- MARTINOT E. et JUNFENG L., 2010, Renewable Energy Policy Update for China, Site Internet de *Renewable Energy World.com*, 21 Juillet, disponible à l'adresse <<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/07/renewable-energy-policy-update-for-china>>
- MARTINOT E., SINTON J.E., HADDAD B.M., 1997, International technology transfer for climate change mitigation and the cases of Russia and China, *Annual Review of Energy and the Environment*, Vol.22, pp.357-401.
- MASKUS K. E., 2004, *Encouraging International Technology Transfer*, UNCTAD/ICTSD Project on Intellectual Property Rights and Sustainable Development, Issue Paper No. 7, UNCTAD, ICTSD, disponible à l'adresse <http://www.iprsonline.org/unctadictsd/docs/CS_Maskus.pdf>
- MASKUS K.E. et PENUBARTI M., 1995, How trade related are intellectual property rights, *Journal of International Economics*, Vol.39, N°3-4, Novembre, pp.227-248.
- MASKUS K.E. et OKEDIJI R.L., 2010, *Intellectual Property Rights and International Technology Transfer to address Climate Change: Risks, Opportunities and Policy Options*, ICTSD Global Platform on Climate Change, Trade Policies and Sustainable Energy, Issue Paper, N°32, Décembre.
- MATTOO A., OLARREAGA M. et SAGGI K., 2001, *Mode of foreign entry, technology transfer and foreign direct investment*, Policy Research, Working Paper, N°2737, World Bank.
- METCALFE J.S., 1995, Technology systems and technology policy in evolutionary framework, *Cambridge Journal of Economics*, Vol.19, N°1, pp.25-46.
- MEUNIE A., 2009, Dynamique et régulation des émissions de CO₂ en Chine, *Economie appliquée*, Vol. 62, N°1, pp.133-168.
- MEUNIE A., 2005, *La soutenabilité de la croissance économique: le cas de la Chine – Analyse théorique et vérifications empiriques*, Thèse de Doctorat de Sciences Economiques, Université de Montesquieu – Bordeaux IV, 12 décembre.
- MEUNIE A., 2004, Quelles règles de partage de la charge pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre? L'intégration des pays en développement dans la lutte contre le changement climatique et étude de cas de la Chine, Contribution pour le Colloque « *La mondialisation contre le développement ?* » organisé par le C3ED, les 10 et 11 juin 2004.
- MEUNIE A. et QUENAULT B., 2007, Le financement du développement durable, *Revue Tiers-Monde*, Vol.4, N°192, Décembre, pp. 853-869

- MEYER C., 2011, L'économie japonaise : miroir de notre futur ?, *Politique étrangère*, N°1, Printemps, pp.101-114.
- MEYER C., 2010, *Chine ou Japon Quel leader pour l'Asie ?*, Presses de la fondation nationale des sciences politiques, Paris.
- MEYER C., 2006, Le face à face Chine/Japon, *Etudes*, Décembre, Tome 405, N°6, pp.585-596.
- MEYER M., 2002, Tracing knowledge flows in innovation systems, *Scientometrics*, Vol.54, N°2, pp.193-212
- MIELNICK O. et GOLDEMBERG J., 2002, Foreign Direct Investment and Decoupling between Energy and Gross Domestic Product in Developing Countries, *Energy Policy*, Vol.30, N°2, Janvier, pp.87-89.
- MILELLI C., 2005, Les relations économiques nippono-chinoises à la croisée des chemins, in F. HAY et Y. SHI (dir.) *La montée en puissance de l'économie chinoise*, Presses Universitaires de Rennes.
- MILELLI C., 2003, Chine-Japon: de la coopération à la concurrence in J.M. BUISSOU, D. HOCRAICH et C. MILELLI (dir.) *Les économies asiatiques face aux défis de la mondialisation*, CERI, Karthala, Paris, pp.255-268.
- MINISTRY OF COMMERCE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2007, Catalogue for the guidance of foreign investment industries, Beijing, China, disponible à l'adresse <<http://english.mofcom.gov.cn/>>
- MINISTRY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2007, *China Science & Technology Statistics Databook*, Beijing, China.
- MIZUNO Y., 2004, The Clean Development Mechanism: Current Activities of Japan, *International Review for Environmental Strategies*, Vol.5, N°1, pp.301-310.
- MONJON S. et HANOTEAU J., 2007, Développement, croissance et environnement, *Cahiers Français*, mars-avril, N°337, pp.34-40.
- MOUHOUD E.M., 2006, *Mondialisation et délocalisation des entreprises*, La Découverte, Collection Repères, Paris.
- MUCCHIELLI J.L. et MAZEROLLE F., 1988, Commerce intra-branche et intra-produit dans la spécialisation internationale de la France : 1960-1985, *Revue Economique*, Vol.39, N°6, pp.193-1218.
- MYTELKA L., 2007, *Technology Transfer Issues in Environmental Goods and Services*, International Centre for Trade and Sustainable Development Programme on Trade and Environment, Issue Paper, N°6, Genève Suisse.
- NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (NDRC), 2010, *China Statistical Yearbook*, Pékin, disponible sur <<http://www.stats.gov.cn/eNgliSH/statisticaldata/yearlydata/>>
- NATIONAL DEVELOPMENT AND REFORM COMMISSION (NDRC), 2007, *China's National Climate Change Programme*, People's Republic of China, Juin.
- NATIONAL DEVELOPMENT AND REFORM COMMISSION (NDRC), 2006, *The 11th five-Year Plan: targets, Paths and Policy Orientation*, Ma Kai Minister, People's Republic of China, 19 mars.

- NATIONS UNIES, 2012, *Rapport de la Conférence des Parties sur sa dix-septième session tenue à Durban du 28 novembre au 11 décembre 2011*, FCCC/CP/2011/9/Add.1, UNFCCC, disponible à l'adresse <<http://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/fre/09f.pdf>>
- NATIONS UNIES, 1998, *Protocole de Kyoto à la Convention Cadre des Nations-unies sur les Changements climatiques*, disponible à l'adresse <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>>
- 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>
- NCCCC, 2005, *Measures for operation and management of Clean Development Mechanism Project*, National Coordination Committee on Climate Change, disponible à l'adresse <<http://cdm.ccchina.hov.cn/english/NewsInfo.asp?NewsId=905>>
- NEWELL R.G., JAFFE A.B. et STAVINS R.N., 1999, The induced Innovation Hypothesis and Energy Saving Technological Change, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 114, N°458, Aout, pp.907-940.
- NIQUET V., 2009, La Chine à la veille de Copenhague, *Note de l'IFRI*, Septembre.
- NGUYEN N.T., HA-DUONG M., GRENIER S. et MEHLING M., 2010, Improving the Clean Development Mechanism Post-2012 : A Developing Country Perspective, *Carbon and Climate Law Review*, Vol.7, N°4, pp.76-85.
- NURBEL A. et AHAMADA I., 2008, Investissements directs étrangers entrants et développement : l'enjeu de la capacité d'absorption, *Mondes en développement*, Vol.3, N°143, pp.79-96.
- NYGARD J., LIPTOW H., LIU D. et LIVERNASH R., 2004, *Clean Development Mechanism in China: taking a proactive and sustainable approach*, The World Bank, The Chinese Ministry of Science and Technology (MOST), Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, 2ème édition, n°30254, Septembre, disponible à l'adresse <http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/12/14/000090341_20041214100649/Rendered/PDF/302450CHA0cdm1china.pdf>
- OCDE, 2011a, *Invention and transfer of environmental technologies*, OECD Studies on Environmental Innovation, OECD Publishing, disponible à l'adresse <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264115620-en>>
- OCDE, 2011b, *Main science and technology indicators*, Volume 2011/1, Editions OCDE, disponible à l'adresse <<http://dx.doi.org/10.1787/msti-v2011-1-en-fr>>
- OCDE, 2009a, *Eco-innovation policies in the People's Republic of China*, Environment Directorate, Organisation of Economic Co-operation and Development.
- OCDE, 2009b, *OECD Patent Statistics Manual*, OECD, Paris.
- OCDE, 2008a, *Trade and Environment at the OECD: Key Issues since 1991*, Working Paper on Trade and Environment, N°1, 20 février, Paris.
- OCDE 2008b, *Politique environnementale, innovation technologique et dépôts de brevets*, Etudes de l'OCDE sur l'innovation environnementale, Paris.

- OCDE, 2007, *Examens environnementaux de l'OCDE – Chine*, Organisation de Coopération et de Développement Economique, OCDE, Paris.
- OCDE, 2006, *Biens et services environnementaux: pour une ouverture des marchés au service de l'environnement et du développement*, Etudes de l'OCDE sur la politique commerciale, ODCDE, Paris.
- OCDE, 2005a, *Achieving the successful transfer of environmentally sound technologies: trade related aspects*, OCDE Trade and Environment Working Paper, N°02, OCDE, Paris.
- OCDE, 2005b, *Liberalisation of Trade in Environmentally Preferable Product*, OCDE Working Paper on Trade and Environment, N°6, OCDE, Paris.
- OCDE, 2005c, *Environmental Goods: A comparison of the APEC and OECD Lists*, OECD Trade and Environment Working Paper, N°04, Paris.
- OCDE, 2005d, *Ouverture des marchés aux biens et aux services environnementaux*, Synthèse de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques, novembre.
- OCDE, 2005e, *Libéralisation des échanges de produits liés aux énergies renouvelables et de biens associés : charbon de bois, systèmes solaires photovoltaïques, aérogénérateurs et pompes éoliennes*, Document de travail de l'OCDE sur les échanges et l'environnement, N°07.
- OCDE, 2004, *Examen de l'OCDE des politiques de l'investissement – Chine- Progrès et enjeux de la réforme*, OCDE, Paris.
- OCDE, 2001a, *Biens et services environnementaux : les avantages d'une libéralisation accrue du commerce mondial*, OCDE, Paris
- OCDE, 2001b, *Using patent counts for cross country comparisons of technology output*, Economic analysis and statistics division of the OECD directorate for science, technology and industry, OCDE, Paris.
- OCDE, 1999, *L'industrie des biens et services environnementaux : Manuel de collecte et d'analyse des données*, OCDE, Paris.
- OCDE, 1994, *Effective technology transfer, co-operation and capacity building for sustainable development: common reference paper*, OECD Working paper, N°75, Paris.
- OHLIN B., 1933, *Interregional and international trade*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 3ème édition (1967).
- OLESCHAK R. et SPRINGER U., 2007, Measuring host country risk in CDM and JI projects : a composite indicator, *Climate Policy*, Vol.7, N°6, pp.470-487.
- OLTRA V. et KEMP R., 2009, Patent as a Measure for Eco-Innovation, *Cahiers du Gretha*, N°5, disponible à l'adresse <<http://cahiersdugretha.u-bordeaux4.fr/2009/2009-05.pdf>>
- ORGANISATION INTERNATIONALE DE LA FRANCOHONIE, 2005, *Onzième session de la Conférence des Parties de la Convention cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (CdP 11) et la première session de la Réunion des Parties du Protocole de Kyoto (RdP 1)*, Montréal, Canada-Québec, du 28 novembre au 9 décembre.
- OMC, 2005, *An alternative approach for negotiations under paragraph 31 (III) – Submission by India*, Committee on Trade and Environment Special Session, 3 Juin, Organisation Mondiale du Commerce, TN/TE/W/51
- OMC, 2001a, *Conférence Ministérielle de l'OMC*, Doha, Organisation Mondiale du Commerce, WT/MIN(01)/DEC/1.

- OMC, 2001b, *Accession de la République Populaire de Chine*, Décision du 10 novembre, Organisation Mondiale du Commerce, WT/L/432.
- OMC, 1991, *Services Sectoral Classification List*, 10 juillet, Organisation Mondiale du Commerce, MTN GNS/W/120.
- OMC et PNUE, 2009, *Commerce et changement climatique*, Rapport établi par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement et l'Organisation Mondiale du Commerce.
- PARK W.G. et LIPPOLDT D.C., 2008, *Technology transfer and the Economic Implications of the strengthening of intellectual Property Rights in Developing Countries*, OECD Trade Policy Working paper, N°62, OCDE Trade Directorate.
- PETERSON S., 2008, Greenhouse gas mitigation in developing country through technology transfer ? : a survey of empirical evidence, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol.13, N°3, pp.283-305.
- PNUD, 2011, *Rapport sur le développement humain : durabilité et équité, un meilleur avenir pour tous*, Programme des Nations-unies pour le Développement, disponible à l'adresse <<http://hdr.undp.org/fr/rapports/mondial/rdh2011>>
- PNUD, 2010, *Les résultats de Copenhague : les négociations & l'accord*, Série Politiques Climatiques du groupe environnement et énergie, Février, Programme des Nations-unies pour le Développement.
- POPP C. D., 2008, *Trade, Technology and the Environment: Why do Poorer countries regulate sooner?*, NBER Working Paper, N°14286, National Bureau of Economic Research, Août.
- POPP C. D., 2006, International innovation and diffusion of air pollution control technologies: the effects of NO_x and SO₂ regulation in the US, Japan and Germany, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.51, N°1, pp.46-71.
- POPP C.D., 2002, Induced innovation and energy prices, *American Economic Review*, Vol.92, N°1, pp.160-180.
- POSNER M., 1961, International trade and technological change, *Oxford Economic Papers*, New Series, Octobre, Vol.13, N°3, pp.323-341.
- QUOILIN S., 2008, Evaluation des impacts environnementaux et socio-économiques du Mécanisme pour un développement Propre, *Working Paper*, Université de Lièges, Institut des Sciences Humaines et Sociales.
- REDDY N. M. et ZHAO L., 1990, International technology transfer: a review, *Research Policy*, Vol.19, N°4, pp.285-307.
- RAINELLI M., 2003, *La nouvelle théorie du commerce international*, La Découverte, Collection Repères, Paris, 3ème Edition.
- RAMANATHAN K., 1994, The polytrophic components of manufacturing technology, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.46, N°3, pp.221-258.
- REZGUI S., 2004, Localisation géographique, commerce international et diffusion des connaissances technologiques, *Economie internationale*, Vol.1, N°97, pp.129-144.
- 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.22, N°2, pp.5-35.

- RIEDACKER A., 2003, Effet de serre et politiques de lutte contre le changement climatique, *Mondes en développement*, Vol.1, N°121, pp.47-70.
- ROSENBERG N., 1982, *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- SACHWALD F., 2007, La Chine, puissance technologique émergente, *Etudes de l'IFRI*, disponible à l'adresse <http://www.ifri.org/files/Travaux_et_recherches/Ifri_Etudes_TC_Chine_2007.pdf>
- SCHNEIDER M., HOLZER A. et HOFFMAN V.H., 2008, Understanding the CDM's contribution to technology transfer, *Energy Policy*, Vol.36, N°8, pp.2930-2938.
- SCHROEDER M., 2009, Utilizing the clean development mechanism for the deployment of renewable energies in China, *Applied Energy*, Vol.86, N°2, pp.237-242.
- SCHOTT P.K., 2008, The relative sophistication of Chinese exports, *Economic Policy*, Vol.23, N°53, Janvier, pp.5-49.
- SERES S., 2007, *Analysis of technology transfer in CDM projects*, prepared for UNFCCC Registration & Insurance Unit CDM/SDM, December.
- SERES S., HAITES E. et MURPHY K., 2009, Analysis of technology transfer in CDM projects: An update, *Energy Policy*, Vol.37, N°11, pp.4919-4926.
- SHUANG Z., 2005, *CDM implementation in China*, Energy Research Institute, National Development and Reform Commission China, 23-25 mars, Japon. Disponible sur le site Internet du Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie Japonais [http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/pdf/china\(dna\).pdf](http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/pdf/china(dna).pdf)
- SINCLAIR-DESGAGNE B., 2008, The Environmental Goods and Services Industry, *International Review of Environment and Resources Economics*, Vol.2, N°1, Septembre, pp.69-99.
- SIPO, 2008, *China's Intellectual Property Protection in 2008*, State Intellectual Property Office of the People's Republic of China, disponible à l'adresse <www.sipo.gov.cn/sipo_English/laws/whitepapers/200904/t20090427_457167.html>
- SMITH P.J., 1999, Are weak patent rights a barrier to US exports?, *Journal of International Economics*, Vol.48, N°1, Juin, pp.151-177.
- STEPHAN M. et PFAFFMANN E., 1998, *Detecting the pitfalls of data on foreign direct investment: a guide to the scope and limits of FDI data as an indicator of business activities of transnational corporations*, Discussion Paper on International Management and Innovation, N°2, Mars, Stuttgart.
- STERN D.I., 2004, The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve, *World Development*, Vol.32, N°8, pp.1419-1439.
- SUN H., HONE P. et DOUCOULIAGOS H., 1999, Economic openness and technical efficiency: A case study of Chinese manufacturing industries, *Economics of Transition*, Vol.7, N°3, Novembre, pp.615-636.
- SZYMANSKI T., 2002, The Clean Development Mechanism in China, *The China Business Review*, Vol.29, N°6, Novembre- Décembre, pp.26-31.
- TAITHE A., 2007, *L'eau, facteur d'instabilité en Chine – Perspectives pour 2015 et 2030*, Recherches & Documents, Fondation pour la Recherche Stratégique, Paris.

- 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.
- TENG F. et ZHANG X., 2010, Clean Development Mechanism practice in China: Current status and Possibilities for Future Regime, *Energy*, Vol.35, N°11, pp.4328-4335.
- THE POLITICAL RISK SERVICES GROUP, 2006, *China: Country Conditions: investment climate*, Political Risk Yearbook: China country forecast, disponible à l'adresse <<http://www.prsgroup.com/>>
- THORNE S., 2008, Towards a framework of clean energy technology receptivity, *Energy Policy*, Vol.36, N°8, pp.2831-2838.
- TRADE AND DEVELOPMENT BOARD, 2003, *Environmental Goods: trade statistics of developing countries*, Expert Meeting on Definitions and Dimensions of Environmental Goods and Services in Trade and Development, Genève, Suisse, 9-11 juillet.
- TRESOR, 2010, *Bulletin économique de la Chine*, Direction Générale du Trésor, Publication des Services Economiques, Novembre, N°30.
- TROTIGNON J., 2010, La restriction des émissions de CO2 pénalise-t-elle les exportations ? Un modèle de gravité avec données de panel et variables muettes régionales, *Revue d'Analyse Economique*, Vol.86, N°1, mars, pp.5-33.
- TSAYEM DEMAZE M., 2009a, Le Protocole de Kyoto, le clivage Nord-Sud et le défi du développement durable, *Espace Géographique*, Vol.2, Tome 38, pp.139-156.
- TSAYEM DEMAZE M., 2009b, Paradoxes conceptuels du développement durable et nouvelles initiatives de coopération Nord-Sud : le MDP, *CyberGeo : European Journal of Geography*, N°443, pp.1-24.
- UNEP, 2011a, *CDM pipeline 2011*, UNEP Risoe Center, Septembre, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org>>
- UNEP, 2011b, *CDM pipeline 2011*, UNEP Risoe Center, Juillet, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org/publications/CDMpipeline.xls>>
- UNEP, 2011c, *CDM project distribution within host countries by region and type*, UNEP Risoe Center, Juillet, disponible à l'adresse <<http://cdmpipeline.org/publications/CDMStatesAndProvinces.xls>>
- UNEP, 2000, *Clean development mechanism – Introduction to the CDM*, CSRiso National Lab., UNEP Collaborating centre on energy and Environment.
- UNFCCC, 2010, *The contribution of the Clean Development Mechanism under the Kyoto Protocol to technology transfer*, disponible à l'adresse <<http://cdm.unfccc.int/Reference/Reports/TTreport/TTrep10.pdf>>
- URATA S. et KAWAI H., 2000, The Determinants of the Location of Foreign Direct Investment by Japanese Small and Medium-Sized Enterprises, *Small Business Economics*, Vol.15, N°2, Septembre, pp.79-103.
- VERNON R., 1966, International investment and international trade in the Product Cycle, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.80, N°2, Mai, pp.190-207.
- VIEILLEFOSSE A., 2006, Que faire après Kyoto ? Les principaux enjeux, *Revue d'Economie Financière*, Vol.2, N°83, Mars, pp.77-90.

- VINCON S., LUC H., BOYER A., BRANGER J.G., NOGRIX P. et PLANCADE J.P., 2006, Rapport d'information fait à la suite d'une mission effectuée du 19 mai au 28 mai 2006 en Chine, *Commission des Affaires étrangères, de la défense et des forces armées*, N°400, SENAT.
- WANG Bo, 2010, Can CDM bring technology transfer to China ? – An empirical study of technology transfer in China's CDM projects, *Energy Policy*, Vol.38, N°5, Mai, pp.2572-2585.
- WANKO H. et SMIDA S., 2001, Problématique du Mécanisme de Développement Propre et stratégie de développement durable pour les PVD, *Colloque international Mondialisation, Energie, Environnement*, Paris, 10-13 juin.
- WORLD ENERGY COUNCIL, 2010, *Survey of Energy Resources*, Novembre, World Energy Council, Londres.
- WEI Y. et LIU X., 2006, Productivity spillovers from R&D, exports and FDI in China's manufacturing sector, *Journal of International Business Studies*, Vol.37, N°4, pp.544-557.
- WINKELMAN A.G. and MOORE M.R., 2011, Explaining the differential distribution of Clean development Mechanism projects across host countries, *Energy Policy*, Vol.39, N°3, Mars, pp.1132-1143.
- WORLD ECONOMIC FORUM, 2011, *The Global Competitiveness Report*, Oxford University Press, New York, données accessibles à l'adresse <www.weforum.org/issues/global-competitiveness>
- 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*, Vol. 29, N°1, pp.29-43.
- XU B., 2000, Multinational enterprises, technology diffusion, and host country productivity growth, *Journal of Development Economics*, Vol.62, N°2, Août, pp.477-493.
- YANG D. et CLARKE P., 2005, Globalisation and intellectual property in China, *Technovation*, Vol.25, N°5, Mai, pp.545-555.
- YANG H., WANG H., YU H., XI J., CUI R., et CHENG G., 2003, Status of photovoltaic industry in China, *Energy Policy*, Vol.31, N°8, pp.703-707
- YOU K. et KATAYAMA S., 2005, Intellectual Property Rights Protection and Imitation: an Empirical Examination of Japanese FDI in China, *Pacific Economic Review*, Vol.10, N°4, pp.591-604.
- YOUNGMAN R., SCHMIDT J., LEE J., et DE CONINCK H., 2007, Evaluating technology Transfer in the Clean Development Mechanism and Joint Implementation, *Climate Policy*, Vol.7, N°6, pp.488-499.
- YU C. et DEMURGIER S., 2002, Croissance de la productivité dans l'industrie manufacturière chinoise: le rôle de l'investissement direct étranger, *Economie Internationale*, Vol.4, N°2, pp.131-163.
- ZHANG Z.X., 2009, Liberalizing Climate-friendly Goods and Technologies in the WTO: Product coverage, Modalities, Challenges and the Way forward, in UNCTAD (ed.) *Trade and Environment Review*, 2009/2010, Genève.
- ZHANG Z.X., 2006, Toward an Effective Implementation of Clean Development Mechanism Projects in China, *Energy Policy*, Vol.34, N°18, pp.3691-3701.

- ZHAO W. et ARVANTIS R., 2008, L'inégal développement industriel de la Chine : capacités technologiques, systèmes d'innovation et coexistence de différents modes de développement industriels, *Région et Développement*, N°28, pp.61-85.
- ZHENG L., 2004, On the comparative advantage of Chinese industries, *The Chinese Economy*, Vol.37, N°2, Mars, pp.6-15.
- ZHENG K. et EASTIN J., 2007, International Economic Integration and Environmental protection: The Case of China, *International Studies Quarterly*, Vol. 51, N°4, Décembre, pp.971-995.
- ZHOU Y., 2009, Dossier Energie Chine, *Cahier d'AGIR*, N°1, Octobre, pp.67-100.
- 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 pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences Economiques, Université de Paris 1 Panthéon - Sorbonne, 23 Novembre.
- ZUNSHENG YIN J., 1992, Technological capabilities as determinants of the success of technology transfer projects, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.42, N°1, Août, pp.17-29.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1. CARTES	
Carte II.1	Capital des entreprises étrangères financé par des investisseurs étrangers (en 100 millions d'USD) en 2009 172
Carte III.1	Localisation des projets MDP japonais en Chine (en stock au 1er juillet 2011)..... 264
2. ENCADRES	
Encadré 0.1	Environnement et consommation d'énergie en Chine 15
Encadré 0.2	Définition des technologies environnementales..... 20
Encadré 0.3	Canaux de transfert de technologies environnementales 22
Encadré I.1	L'Indicateur de Développement Humain 2011 (IDH) : un différentiel de développement entre le Japon et la Chine 46
Encadré I.2	Modes de transferts de technologies au travers du commerce 48
Encadré I.3	Liste des biens environnementaux de l'OCDE (2001)..... 71
Encadré I.4	Industrie solaire photovoltaïque en Chine..... 86
Encadré I.5	La courbe environnementale de Kuznets 106
Encadré II.1	Identification des technologies liées à l'environnement 146
Encadré II.2	Accord sur les ADPIC, principes fondamentaux 154
Encadré II.3	Chronologie des lois chinoises sur l'environnement..... 183
Encadré II.4	Technologies environnementales identifiées par Dechezlepretre (2009) 186
Encadré II.5	Codes IPC liés au changement climatique - Technologies environnementales sélectionnées 197
Encadré III.1	Livre Blanc sur les politiques chinoises face au réchauffement climatique (2008) 223
Encadré III.2	Mécanisme pour un Développement Propre – Protocole de Kyoto – Article 12.2..... 227
Encadré III.3	Régime climatique international et transferts de technologies..... 247
Encadré III.4	Projet MDP « <i>Sichuan Jinyanxi 8MW Hydropower Project</i> »..... 269
3. GRAPHIQUES	
Graphique 0.1	Composition de la consommation d'énergie primaire en Chine (1980-2008) 16
Graphique 0.2	Capacités éoliennes installées en Chine (2000-2010) 16
Graphique 0.3	Parts des exportations chinoises, allemandes, japonaises et américaines dans les exportations mondiales (1980-2011)..... 18
Graphique 0.4	Parts des importations chinoises, allemandes, japonaises et américaines dans les importations mondiales (1980-2011)..... 18
Graphique I.1	Importations chinoises de biens intermédiaires globales et depuis le Japon entre 1990 et 2009 (en millions de dollars) 52
Graphique I.2	Structure des importations chinoises depuis le Japon (1980-2009) 54

Graphique I.3	Importations chinoises de biens d'équipement réparties par groupes de pays fournisseurs (1967-2009)	55
Graphique I.4	Commerce international chinois de machines et matériels (1980-2009)	56
Graphique I.5	Balances commerciales chinoises selon le niveau technologique des biens	58
Graphique I.6	Portée des consolidations – Listes de l'APEC, de l'OCDE et produits non agricoles	77
Graphique I.7	Moyenne des taux appliqués par catégories – Pays développés, pays en développement, pays les moins avancés	78
Graphique I.8	Echanges par catégorie de biens environnementaux selon la définition de l'OCDE.....	82
Graphiques I.9	Flux commerciaux chinois dans les biens environnementaux Catégorie A. « Gestion de la pollution » et importations en provenance du Japon... 92	
Graphique I.9 A1	Sous-catégorie A.1 « Contrôle de la pollution de l'air ».....	92
Graphique I.9 A2	Sous-catégorie A.2 « Gestion des eaux usées ».....	92
Graphique I.9 A3	Sous-catégorie A.3 « Gestion des déchets solides »	92
Graphique I.9 A6	Sous-catégorie A.6 « Surveillance, analyse et évaluation de l'environnement ».....	92
Graphique I.10	Exportations et importations chinoises d'appareils pour la liquéfaction de l'air et d'autres gaz (code SH 841960) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars).....	94
Graphique I.11	Flux commerciaux chinois et importations en provenance du Japon de compresseurs de type utilisés dans les équipements frigorifiques (code SH 841430) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars).....	94
Graphique I.12	Flux commerciaux chinois et importations en provenance du Japon de compresseurs montés sur châssis à roues et remorquables (code SH 841440) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars).....	94
Graphique I.13	Exportations et importations chinoises de turbines hydrauliques (code SH 841000) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars).....	97
Graphique I.14	Exportations et importations chinoises de turbines hydrauliques sup. à 10 000 KW (code SH 841013) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)	97
Graphique I.15	Flux commerciaux chinois et importations en provenance du Japon d'appareils pour l'épuration des eaux usées (code SH 842121) entre 1992 et 2009	98
Graphique I.16	Importations totales de la Chine et depuis le Japon de produits et technologies liés aux énergies renouvelables (en millions de dollars) entre 1992 et 2009	99
Graphique I.17	Importations et exportations chinoises de pompes éoliennes (code SH 8413.81) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars)	101
Graphique I.18	Importations et exportations chinoises de chauffe-eaux non électriques – chauffe-eaux solaires (code SH 8419.19) entre 1992 et 2009 (en millions de dollars).....	101
Graphique I.19	Commerce de biens environnementaux et émissions d'oxyde d'azote (Teh <i>et al.</i> , 2004).....	109
Graphique I.20	Commerce de biens environnementaux et demande biochimique en oxygène (Teh <i>et al.</i> , 2004).....	109
Graphique I.21	Commerce de biens environnementaux et consommation d'énergie (Teh <i>et al.</i> , 2004)	110

Graphique I.22	Intensités carbonique et énergétique du PIB PPA chinois (1980-2009)	115
Graphique I.23	Variation de la consommation d'énergie et du PIB en parité de pouvoir d'achat – Chine (1980-2009).....	124
Graphique II.1	Dépenses intérieures brutes de recherche et développement en pourcentage du PIB.....	140
Graphique II.2	Dépenses de recherche et développement par habitant aux prix courants et en PPA (en USD)	141
Graphique II.3	Dépenses de recherche et développement aux prix constants et en PPA (millions d'USD 2000).....	141
Graphique II.4	Chercheurs et personnels total de recherche et développement en équivalence plein-temps pour mille emplois en Chine et au Japon	143
Graphique II.5	Demandes de brevets enregistrées dans le champ environnemental et tous domaines technologiques confondus en Chine et au Japon (1990-2008)	148
Graphique II.6	Croissance des demandes de brevets enregistrées dans le champ environnemental et tous domaines technologiques confondus en Chine et au Japon (1990-2008).....	148
Graphique II.7	Répartition par technologies des brevets chinois déposés dans le domaine de la « gestion environnementale générale » en 2008.....	150
Graphique II.8	Répartition par technologies des brevets chinois déposés dans le domaine « des énergies renouvelables » en 2008	150
Graphique II.9	Protection des droits de propriété intellectuelle	157
Graphique II.10	Productions industrielles des firmes à participation étrangère et des firmes domestiques en Chine (en 100 millions de Renminbi)	169
Graphique II.11	Flux d'IDE entrant en Chine en millions de dollars en prix et taux de change courants	174
Graphique II.12	Flux d'IDE entrant en Chine depuis le Japon en millions de dollars...	174
Graphique II.13	Brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine (1985-2008)	201
Graphique II.14	Flux de brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine relatifs aux technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables (1985-2008).....	203
Graphique II.15	Stocks de brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine relatifs aux technologies d'exploitation de sources d'énergie renouvelables (1985-2008).....	203
Graphique II.16	Flux de brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine relatifs aux technologies de dépollution (1985-2008).....	205
Graphique II.17	Stocks de brevets environnementaux japonais enregistrés en Chine relatifs aux technologies de dépollution (1985-2008).....	205
Graphique II.18	Répartition sectorielle des familles de brevets environnementaux (1985-2008).....	207
Graphique II.19	Flux de familles de brevets environnementaux relatifs aux technologies d'exploitation d'énergies renouvelables enregistrées au Japon et en Chine (1985-2008)	208
Graphique II.20	Stocks de familles de brevets environnementaux relatifs aux technologies d'exploitation d'énergies renouvelables enregistrées au Japon et en Chine (1985-2008)	208
Graphique III.1	Parts régionales dans les émissions de CO ₂ en 1973 et 2008.....	221
Graphique III.2	Projets MDP enregistrés (répertoriés par date d'enregistrement)	232

Graphique III.3	Projets MDP par pays asiatiques / Volume des CER émis d'ici 2012 par pays asiatique (en % du total en Asie)	233
Graphique III.4	Projets MDP en Chine, par activités (en stock en septembre 2011)	239
Graphique III.5	Emissions de CO ₂ en Chine par secteurs (en milliers de tonnes de CO ₂)	240
Graphique III.6	Répartition sectorielle des MDP japonais en Chine.....	259
Graphique III.7	Investissements japonais en Chine liés à la mise en œuvre de projets MDP	261
Graphique III.8	Nombre total de projets versus PIB par habitant par provinces chinoises, en 2011	262
Graphique III.9	Types de projets transférant des technologies en Chine dans le cadre de MDP japonais (en % du nombre de projets japonais transférant des technologies)	270
Graphique III.10	Réductions d'émissions de carbone des projets japonais transférant des technologies en Chine, selon le type (en % des réductions d'émissions de CO ₂ des projets japonais transférant des technologies).....	270

4. SCHEMAS

Schéma 0.1	Technologies propres	20
Schéma 0.2	Une probabilité élevée de transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine.....	27
Schéma I.1	Effets de l'ouverture commerciale sur l'environnement.....	39
Schéma I.2	Propos d'étape de la Section 1 du Chapitre 1 – Echanges commerciaux et diffusion technologique.....	64
Schéma I.3	Biens environnementaux et <i>Environmentally Preferable Products</i>	67
Schéma I.4	Propos d'étape de la Section 2 du Chapitre 1 – Echanges de biens environnementaux et diffusion technologique	102
Schéma I.5	Propos d'étape de la Section 3 du Chapitre 1 – Flux internationaux et amélioration de la qualité de l'environnement en Chine.....	126
Schéma II.1	Processus d'accumulation technologique.....	134
Schéma II.2	Propos d'étape de la Section 1 du Chapitre 2 – La diffusion technologique internationale favorisée par les capacités technologiques chinoises et les orientations gouvernementales	176
Schéma II.3	Méthodologies pour quantifier les transferts de technologies environnementales depuis la base PATSTAT.....	199
Schéma II.4	Propos d'étape de la Section 2 du Chapitre 2 – Analyses empiriques : les transferts de technologies environnementales appréhendés par les dépôts de brevets	211
Schéma III.1	Annexes au Protocole de Kyoto	220
Schéma III.2	Mécanisme pour un Développement Propre et développement durable en Chine	235
Schéma III.3	Propos d'étape de la Section 1 du Chapitre 3 – Protocole de Kyoto et intégration des PED dans le régime climatique : la mise en œuvre du Mécanisme pour un Développement Propre	242
Schéma III.4	Propos d'étape de la Section 2 du Chapitre 3 – Mécanismes pour un Développement Propre et transferts de technologies : l'importance des partenariats sino-japonais.....	277

5. TABLEAUX

Tableau 0.1	Chine-Japon : des relations commerciales privilégiées.....	24
Tableau 0.2	Architecture de la thèse	34
Tableau I.1	Taille du marché des biens et services environnementaux en 2004 d'après les travaux de Sinclair-Desgagne (2008)	81
Tableau I.2	Cinq principaux fournisseurs de biens environnementaux en Chine (en % des importations chinoises totales et par types de produits)	84
Tableau I.3	Echanges de biens environnementaux de la Chine et importations en provenance du Japon en 2009	90
Tableau I.4	Corrélations de Pearson : ouverture internationale et intensité énergétique et carbonique du PIB chinois	116
Tableau I.5	Régressions linéaires multiples selon l'estimateur des moindres carrés ordinaires	121
Tableau II.1	<i>Global Competitiveness Index</i> 2011-2012 – Classements de la Chine et du Japon.....	136
Tableau II.2	Traités internationaux, conventions et accords ratifiés par la Chine....	152
Tableau II.3	Principaux transferts bilatéraux dans les technologies environnementales (1988-2007) (Haščič <i>et al.</i> (2010)).....	190
Tableau II.4.	Transferts de technologies environnementales quantifiés par les familles internationales de brevets : les principales études empiriques	192
Tableau III.1	Sélection d'indicateurs par pays et régions pour 2008.....	222
Tableau III.2	MDP enregistrés classés par activités (au 1er septembre 2011)	233
Tableau III.3	Transferts de technologies et MDP : quelques études empiriques.....	255
Tableau III.4	Réductions d'émissions des projets japonais en Chine (en stock au 1er juin 2011).....	260
Tableau III.5.	Caractéristiques des projets japonais transférant des technologies sur le sol chinois	267
Tableau III.6	Variables expliquée et explicatives utilisées dans le modèle de régression logistique	273
Tableau III.7	Régression logistique selon l'estimateur du maximum de vraisemblance – Coefficients de régression et effets marginaux	274

REMERCIEMENTS.....	3
SOMMAIRE	7
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES	9
INTRODUCTION GENERALE	13
CHAPITRE 1	
LES FLUX COMMERCIAUX VECTEURS DE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES DU JAPON VERS LA CHINE.....	35
SECTION 1. Echanges commerciaux et diffusion technologique	38
1.1. Commerce international et diffusion technologique : les principaux canaux de transfert	38
1.2. Importance du commerce intra-branche et des échanges de biens intermédiaires, d'équipements et de haute technologie comme indicateurs de la diffusion technologique	50
SECTION 2. Echanges de biens et services environnementaux et diffusion technologique	65
2.1. Biens et services environnementaux : définitions, différenciations et libéralisation	65
2.2. Echanges de biens environnementaux et acquisition chinoise de technologies environnementales.....	80
2.2.1. Marché des biens et services environnementaux et rôle prépondérant de la Chine	80
2.2.2. Echanges de biens environnementaux et diffusion technologique.....	87
SECTION 3. Flux commerciaux et qualité de l'environnement : analyse empirique... 103	
3.1. Quantifier la relation entre les échanges internationaux et la qualité de l'environnement	103
3.2. Commerce international chinois et intensités énergétique et carbonique du PIB	111
3.2.1. Variables mobilisées et corrélations préliminaires.....	112
3.2.1.1. Variables sélectionnées	112
3.2.1.2. Statistiques descriptives	114
3.2.2. Analyse empirique.....	118
3.2.2.1. Spécification des équations	118
3.2.2.2. Résultats des équations.....	121
CONCLUSION DU CHAPITRE 1.....	127

CHAPITRE 2

TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES : ANALYSE EMPIRIQUE DES DEPOTS DE BREVETS JAPONAIS EN CHINE 129

SECTION 1. Le contexte chinois : condition nécessaire à la diffusion technologique internationale 132

- 1.1. Capacités d'absorption domestiques et diffusion technologique en Chine 132
 - 1.1.1. La nécessité de pré-requis technologiques dans le pays récipiendaire..... 133
 - 1.1.2. Les performances technologiques chinoises 137
 - 1.1.3. Transferts de technologies et droits de propriété intellectuelle (DPI)..... 151
- 1.2. Orientation des investissements directs entrants et diffusion technologique en Chine 160
 - 1.2.1. Investissements étrangers, *spillovers* et diffusion technologique 160
 - 1.2.2. Encadrement des IDE en Chine : orientation géographique et exigences de transferts de technologies 167

SECTION 2. Transferts de technologies environnementales du Japon vers la Chine : deux analyses empiriques des dépôts de brevets 177

- 2.1. Relations brevets environnementaux et diffusion technologique : les apports de la littérature 178
 - 2.1.1. La politique environnementale incitative d'innovations vertes 178
 - 2.1.2. Innovations environnementales et diffusions technologiques..... 184
- 2.2. Analyse empirique de la diffusion technologie depuis le Japon vers la Chine mesurée par les dépôts de brevets environnementaux 194
 - 2.2.1. Méthodologie utilisée pour appréhender quantitativement le transfert de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine..... 194
 - 2.2.2. Transferts de technologies environnementales depuis le Japon vers la Chine appréhendés par les données sur les dépôts de brevets 200

CONCLUSION DU CHAPITRE 2..... 212

CHAPITRE 3

MECANISMES POUR UN DEVELOPPEMENT PROPRE ET TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES : LES PARTENARIATS SINO-JAPONAIS 215

SECTION 1. Protocole de Kyoto et intégration des pays en développement dans le régime climatique : la mise en œuvre du Mécanisme pour un Développement Propre en Chine 218

- 1.1. Différenciation dans la lutte contre les changements climatiques et équité dans le partage de la charge environnementale : les enjeux du Mécanisme pour Développement Propre. 218
 - 1.1.1. Le régime de Kyoto pré-2012 et la stratégie climatique chinoise..... 218
 - 1.1.2. Le Mécanisme pour un Développement Propre : intégration des pays en développement et flexibilisation des engagements contraignants..... 226

1.2. La Chine et les Mécanismes pour un Développement Propre : effet d'aubaine ou orientation stratégique ?	231
1.2.1. Une polarisation des projets sur la zone asiatique caractérisée par des enjeux climatiques différenciés.....	231
1.2.2. Articulations MDP et stratégie climatique chinoise : l'acquisition technologique au cœur des exigences domestiques	237

SECTION 2. Mécanismes pour un Développement Propre et transferts de technologies : l'importance des partenariats sino-japonais

2.1. Transferts de technologies et Mécanismes pour un Développement Propre.....	243
2.1.1. Transferts de technologies et Mécanismes pour un Développement Propre : quelles relations ?	244
2.1.2. Apports des études empiriques dans la quantification des transferts de technologies dans le cadre de projets Mécanismes pour un Développement Propre	249
2.2. Transferts de technologies vertes depuis le Japon vers la Chine dans le cadre de projets Mécanismes pour un Développement Propre : des flux substantiels.....	257
2.2.1. Qualification des projets japonais installés sur le sol chinoise	257
2.2.2. Technologies et connaissances transférées depuis le Japon vers la Chine <i>via</i> le Mécanisme pour un Développement Propre	265
2.2.3. Transferts de technologies depuis le Japon vers la Chine et répartition sectorielle des MDP : une analyse par régression logistique.....	271

CONCLUSION DU CHAPITRE 3..... 278

CONCLUSION GENERALE..... 279

LISTE DES ANNEXES..... 287

ANNEXE 1 Dotations factorielles chinoises et japonaises et écarts de développement	288
ANNEXE 2 Profil commercial de la Chine et importations depuis le Japon par stade de production des biens (1967-2009).....	294
ANNEXE 3 Profil commercial de la Chine et importations depuis le Japon par niveau technologique des biens (1967-2009)	296
ANNEXE 4 Liste de l'OCDE des biens environnementaux – Catégories et codes du Système Harmonisé	300
ANNEXE 5 Indicateurs du commerce de biens et services environnementaux pour les pays industrialisés et en développement.....	305
ANNEXE 6 Principaux exportateurs de biens environnementaux en 2006	306
ANNEXE 7 Principaux importateurs de biens environnementaux en 2006.....	308
ANNEXE 8 Liste des produits et technologies liées aux énergies renouvelables primaires - Catégories et codes du Système Harmonisé.....	310
ANNEXE 9 Tests statistiques - Modèles de régression linéaire multiples par l'estimateur des moindres carrés ordinaires	311
ANNEXE 10 Caractéristiques des activités de recherche et développement en Chine.....	315
ANNEXE 11 Demandes de brevets enregistrés sous le Patent Co-operation Treaty (PCT)	316
ANNEXE 12 Les zones économiques spéciales en Chine	318
ANNEXE 13 Transferts internationaux de technologies vertes sélectionnées, depuis les pays de l'Annexe I vers les pays non-Annexe I (1988-2007)	319
ANNEXE 14 MDP implantés en Chine, répartis par provinces	321

BIBLIOGRAPHIE GENERALE	323
TABLE DES ILLUSTRATIONS	347
1. Cartes	347
2. Encadrés	347
3. Graphiques	347
4. Schémas	350
5. Tableaux	351
TABLE DES MATIERES	353

RÉSUMÉ

Cette thèse propose une évaluation du contenu environnemental des relations économiques entre le Japon et la Chine, en se basant sur l'analyse de trois canaux de transfert de technologies vertes.

Afin de déterminer des dynamiques de diffusion de technologies environnementales (amélioration de l'efficacité énergétique, récupération des polluants, dépollution ou exploitation de sources d'énergie renouvelables), la démonstration s'est concentrée sur trois vecteurs particuliers : les flux commerciaux, les familles internationales de brevets et les Mécanismes pour un Développement Propre (MDP) du Protocole de Kyoto. L'analyse des flux commerciaux depuis le Japon vers la Chine révèle que les importations chinoises de biens environnementaux, de biens d'équipement et de biens de haute technologie sont des canaux de diffusion technologique. En particulier, les estimations économétriques montrent que les importations de biens de haute technologie affectent négativement l'intensité énergétique et carbonique du PIB chinois. L'analyse des données sur les familles internationales de brevets souligne que les technologies facilitant la diminution des niveaux de pollution atmosphérique dominent les transferts du Japon vers la Chine. Enfin, des transferts de connaissances et d'équipements environnementaux apparaissent également dans le cadre des projets MDP financés par des firmes nippones et implantés en Chine. L'analyse empirique de ces MDP fait apparaître que des plans de formation sont mis en œuvre parallèlement à la transmission d'équipements environnementaux, sachant que les transferts apparaissent principalement dans le cadre de projets hydrauliques et éoliens.

L'analyse révèle bien que la densité des relations économiques entre le Japon et la Chine s'accompagne de la diffusion de technologies environnementales. L'écart de développement entre le Japon et la Chine ainsi que la présence de capacités d'absorption sur le territoire chinois favorisent la diffusion technologique au travers des flux économiques. L'impact positif de ces flux sur la qualité de l'environnement chinois est renforcé par les incitations gouvernementales aux transferts de technologies ainsi que les législations chinoises sur l'orientation géographique et sectorielle des investissements.

Mots-clés : Chine, Japon, Technologie verte, Transfert de technologie, Brevet, Commerce international, Mécanisme pour un développement propre

ABSTRACT

This dissertation provides an evaluation of the environmental content of economic relations between Japan and China, analysing three channels of climate-friendly technology transfers

To identify the dynamics of green technology transfers (improvement of energy efficiency, pollutant recovery, cleaning up, exploitation of renewable energy sources), the demonstration is concentrated on three vectors: trade flows, international patent families and Clean Development Mechanism (CDM) projects of the Kyoto Protocol. The analysis of trade flows from Japan to China shows that Chinese imports of environmental goods, capital goods and high technology goods are channels of technological diffusion. In particular, the econometric estimations reveal that imports of high technology goods affect negatively the energy and carbon intensity of the Chinese GDP. The analysis of international patent family data enable to identify that technologies aiming at reducing air pollution are dominant in transfers from Japan to China. Finally, transfers of knowledge and capital goods appear in the implementation of CDM projects financed by Japanese firms and implanted in China. The empirical analysis reveals that training plans are implemented in parallel to the transmissions of environmental equipments, knowing that transfers occur mainly through wind and water projects.

This dissertation reveals that the density of economic relations between Japan and China is accompanied by the diffusion of green technologies. The development gap between Japan and China as well as the presence of absorptive capacity in China fosters technology diffusion through economic flows. The positive impact of these flows in terms of environmental quality is strengthened by the Chinese Government dedicated to technology transfers and the legislation concerning foreign investment.

Keywords: China, Japan, Green technology, Technology transfer, Patent, International trade, Clean Development Mechanism