FONDATION POUR LES ÉTUDES ET RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL

document de travail 84 janvier 2014 Politiques de développement

La balance du carbone incorporé aux commerces bilatéraux entre la France et la Chine : Transferts de responsabilité ou nouvelles créations?

Jie He
Johan Jacquemin

Jie HE est professeure agrégée au département d'Economie de l'Université de Sherbrooke. Elle est docteur en économie du Cerdi.

Johan JACQUEMIN est étudiant à l'Université de Sherbrooke.

Abstract

En se basant sur les données détaillées couvrant consommations énergétiques, productions, tableaux I-O et commerces bilatéraux des deux pays, la Chine et la France entre 1996-2005, nous calculons dans cet article la Balance des Émissions de carbone Incorporées au Commerce (BÉCI) bilatéral sino-français. Nos résultats dévoilent tout d'abord que la Chine est un exportateur net de carbone vers la France et que cet excédent de la BÉIC s'est accru rapidement depuis l'adhésion de la Chine à l'OMC. Cependant, la quasi-totalité de cet excédent est dû à la faible efficacité carbone de la Chine et à la rapide expansion de ses exportations avec la France, mais pas au phénomène de la « fuite de carbone ». Le réel transfert de la responsabilité d'émission de carbone de la France vers la Chine occupe seulement 1-2% de cet excédent de la BÉIC. Le reste, soit 98-99% de cet excédent est dû à la création de carbone par les exportations de la Chine, réalisées avec des technologies de production moins efficaces en carbone que celles de la France.

. . . /. . .

Mots clés : Balance du carbone incorporé, commerce bilatéral, méthode input-output, France, Chine, tansfert, création

LA FERDI EST UNE FONDATION RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE.
ELLE MET EN ŒUVRE AVEC L'IDDRI L'INITIATIVE POUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA GOUVERNANCE MONDIALE (IDGM).
ELLE COORDONNE LE LABEX IDGM+ QUI L'ASSOCIE AU CERDI ET À L'IDDRI.
CETTE PUBLICATION A BÉNÉFICIÉ D'UNE AIDE DE L'ÉTAT FRANÇAIS GÉRÉE PAR L'ANR AU TITRE DU PROGRAMME «INVESTISSEMENTS D'AVENIR» PORTANT LA RÉFÉRENCE «ANR-10-LABX-14-01».

…/… De plus, dans le commerce sino-français, la Chine semble profiter davantage de ses dotations factorielles que de son faible niveau de réglementation environnementale, Ainsi elle exporte plus dans des secteurs moins intensifs en carbone, mais plus intensifs en main d'œuvre. Nos résultats identifient également une importante réduction de CO2 pour la Chine, notamment grâce aux importations en provenance de la France qui bénéficient d'une efficacité carbone bien plus élevée. Ceci pourrait être un facteur favorisant les performances commerciales de la France par rapport à la Chine, si l'avantage comparatif de la France n'était pas seulement mesuré par le coût factoriel économique, mais également par les impacts environnementaux concernés. Cependant, jusqu'à maintenant ce dernier occupe seulement une place marginale dans la considération de l'organisation des productions mondiales.

1. Introduction

Selon la publication du 5ième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la pression sur la réduction de l'émission de gaz à effet de serre (GES) mondiale est encore plus forte qu'auparavant. Nous sommes maintenant certain que le changement climatique est la conséquence directe de l'émission atrophique de dizaines de milliards de tonnes de CO_2 dans notre atmosphère. Les conséquences du changement climatique se font déjà sentir par le monde, et dans un intervalle de temps correspondant à moins d'une vie humaine elles seront démultipliées et auront des conséquences catastrophiques sur notre mode de vie, notre culture et notre héritage. Il est d'autant plus urgent d'agir que nous savons que le changement climatique a une force d'inertie démesurée, le CO2 déjà présent dans l'atmosphère, qui mettra des dizaines d'années à redescendre, provoque dès aujourd'hui un effet d'emballement non anthropique aux conséquences inestimables en agissant entre autre sur le permafrost, les grands courant marins, ou encore sur la l'axe de rotation de notre planète.

La convention-cadre des Nations Unis sur les changements climatiques (CCNUCC) est l'un des organes de lutte contre les changements climatiques les plus importants. Chaque année elle réunit l'ensemble des pays du monde afin de mettre sur pied des solutions efficaces et politiquement acceptables. Le protocole de Kyoto, qui exige de la part des pays signataires listés dans l'annexe B, la réduction moyenne de leurs émissions de GES de 5,2%, sur la période allant de 2008 à 2012, par rapport à 1990, est le premier et seul accord né de cette entente politique. En 2012 lors de la 18ième conférence des parties (CdP) à la CCNUCC, l'accord de Kyoto a été reconduit in extrémis jusqu'en 2020 par Abdullah Bin Hamad Al-Attiyah. Alors que les preuves scientifiques prédisant une catastrophe qui mènera à la plus grande extinction que la terre n'a jamais connue s'accumulent, l'entente politique patine encore pour de multiples raisons. Parmi elles, deux points attirent particulièrement notre attention : la responsabilité historique dans l'émission de CO2, qui impose que les règles dans la lutte contre les GES soient

différentes selon les pays, et l'expansion des échanges internationaux et de la liberté du commerce, qui permettent de transférer facilement les responsabilités d'émission d'un pays à un autre à travers importation et exportation.

Sans être exclusivement concentrée sur les émissions de gaz carbonique, la littérature sur la relation entre commerce et l'environnement est très riche, en particulier celle concernant l'hypothèse du havre de pollution (HHP). L'HHP est l'un des concepts très controversés dans la littérature de l'économie de l'environnement. Selon l'HHP, en présence de normes environnementales strictes, les secteurs polluants auront l'intention de délocaliser leurs productions vers les pays où les règlementations environnementales sont moins contraignantes. Le commerce permettra ici aux pays avec les normes environnementales les plus strictes de dissocier leurs productions et consommations, en important les biens polluants au lieu de les produire sur leur propre sol. Ils bénéficieraient ainsi, grâce au commerce, de la législation plus souple des pays moins avancés, pour atteindre les objectifs d'amélioration environnementale fixés en amont sans modifier/sacrifier leurs structures de consommations.

Le concept de HHP peut facilement être appliqué au cas de transfert des responsabilités d'émission de CO2 entre les pays, étant donné que le protocole de Kyoto se base sur le principe de « responsabilité de producteur » et de « responsabilité commune et différentiée (entre pays annexe B et non-annexe B) », la possibilité d'observer les HHP en terme des émissions de CO2 sous le contexte de la globalisation et la libéralisation du commerce semble plus que crédible.

Depuis le début des années 1990, la méthode de l'input-output développé par Leontief et Ford (1970) a été fréquemment utilisée pour étudier les émissions de CO2 incorporées dans le commerce et analyser les transferts potentiels de responsabilités entre pays. Dans cette méthode, le contenu CO_2 total de chaque dollar (aussi appelé l'intensité totale de CO2) de production nationale est calculé, grâce aux traçages complets du tableau input-output sur les consommations intermédiaires de chaque secteur industriel, pour représenter les émissions directes et indirectes de chaque pays. Ce contenu CO2 pour un dollar de demande finale, différencié selon les industries et les pays, est par la suite mis en relation avec les flux du commerce international pour établir la balance des émissions de CO_2 incorporées au commerce (BÉIC). La BÉIC permet de comprendre la situation d'échange de carbone entre les pays, qui est incorporé dans les mouvements de marchandises entre eux.

La France et la Chine ont fait fréquemment partie des études de BÉIC qui emploient la méthode de l'IO. Un exemple est Ahmad et Wyckoff (2003), qui trouvent qu'en 1995 les pays de l'OCDE consomment 12 milliards de tonnes (Gt) de CO_2 alors qu'ils n'en produisent que 11,5 Gt. Une amplitude de 5% sur laquelle les auteurs insistent puisqu'elle serait équivalente à

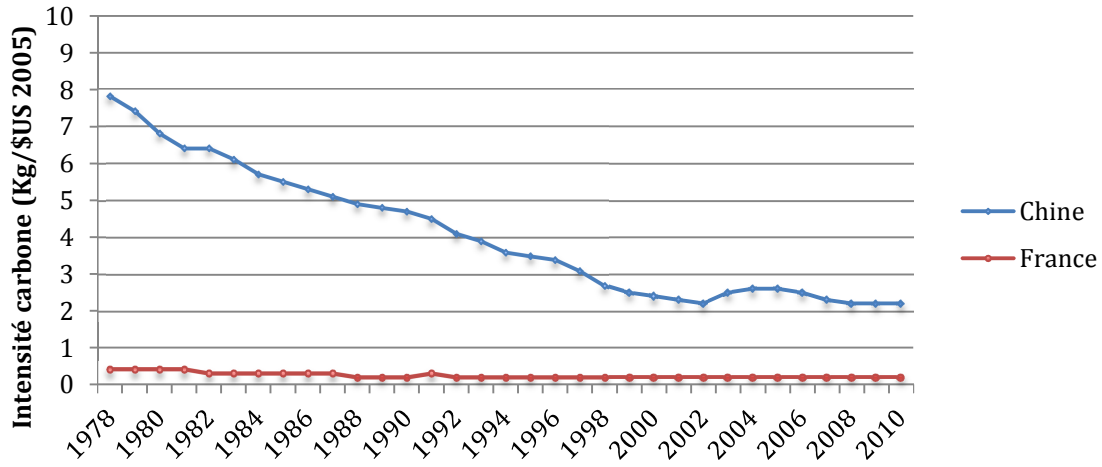
l'objectif du protocole de Kyoto. Parmi tous les pays membre de l'OCDE, l'étude révèle également le fait que pendant cette période la France aurait, avec le Japon, la plus grosse amplitude de déficit de BEIC, soit une consommation de CO2 de 15% supérieure à sa production. Plus tard Atkinson et al (2010), de leur côté, concluent qu'en 2004, le premier exportateur de CO_2 est la Chine avec une production 35% supérieure à sa consommation (cela représente 1,1 Gt CO_2), que l'Union Européenne consomme en moyenne 32% de CO_2 de plus qu'elle n'en produit (soit environ 1,8 Gt CO_2 dont 240 Mt proviennent de Chine), et à ce stade, la France consommerait grâce aux importations 43% de CO2 de plus qu'elle n'en produirait (Carbon Trust 2011).

Ces études, qui semblent suivre la logique prédite par le PHH, révèlent effectivement une inefficacité potentielle du protocole de Kyoto sous la tendance de la globalisation : avec la montée du commerce international, le principe de la « responsabilité commune et différentielle » jonglé avec le principe de « responsabilité de producteur » peut pousser les pays annexe B à délocaliser leurs productions intensives en carbone vers les pays non-annexe B, ainsi rend plus difficile la lutte globale contre des émissions de GES. Ceci a été une des raisons avancée par les États-Unis pour justifier leur non-participation a Kyoto. En même temps, considérant que généralement, les pays non annexe B possèdent des technologies de production moins efficaces que les pays annexe B, nous pouvons également anticiper que telles délocalisations de productions intensives en carbone vers les pays non-annexe B entraineront une création supplémentaire des émissions de carbone. La magnitude de cette création dépend non seulement du volume du commerce mais également de la différence de l'intensité carbone des secteurs concernés entre les pays annexe B qui les délocalisent et importent et les pays non annexe B qui les reçoivent et exportent. Dans cette optique, le commerce ne contribue non seulement pas à l'objectif de la réduction du carbone, mais il peut également créer plus de pollution à cause du transfert des productions des pays plus efficace vers les pays moins efficaces.

Suivant cette logique, dans cet article, nous visons à étudier les impacts potentiels du commerce bilatéral entre la France et la Chine sur les évolutions des émissions de CO2 des deux pays à travers le calcul de la BÉIC selon la méthode de I-O pour les années 1996-2005. Nous concentrons en particulier notre attention à distinguer la partie *émission transférée* de la France vers la Chine de la partie *émission créée par le commerce* à cause des transferts de la responsabilité de production entre les deux pays à l'efficacité énergétique très différente. Cette intention justifie le choix des pays dans cette étude. D'un côté, la France, grâce à une dominance à 75% de l'électricité nucléaire dans sa structure de consommation énergétique, reste un des pays annexe B le plus efficace en terme de carbone. D'un autre côté, la Chine, avec une dominance prononcée de sa réserve de charbon et un niveau de développement économique moindre, possède une intensité de carbone plus élevée. Dans le graphique 1, nous pouvons constater que malgré que les deux pays ont réalisé des améliorations

significatives de leurs intensités de carbone depuis fin années 1970 et que le gap entre la Chine et la France se rétrécisse, les différences des intensités de carbone entre les deux pays restent encore très importantes. Prenons l'exemple de 2009, l'intensité de la Chine (2,2 kg/$US 2005) est à peu près 10 fois plus élevée que celle de la France (0,2 kg/$US 2005). Ces différences d'intensités de carbone sino-françaises, accompagnées par l'augmentation très rapide de volumes de commerce bilatéral, risquent de créer une augmentation globale des émissions du carbone qui contient non seulement un transfert de la responsabilité entre la Chine et la France, mais également une création nouvelle de pollution.

Graphique 1. Évolution de l'intensité Carbone, 1960-2010



Source : Graphique réalisé par les auteurs selon la base de données World Databank

Bien que le BÉIC et les différentes méthodes de I-O ont été utilisées dans nombreuses études pour étudier le lien entre commerce et les émissions du carbone, il n'existe pas encore une étude comme la nôtre qui distingue les émissions transférées entre les pays et celles créées (ou bien réduites) cause de leurs différences techniques. De plus, cette étude est également la première qui étudie la balance des émissions incorporées aux commerces bilatéraux France-Chine.

L'organisation de l'article est la suivante. La section 2 présente une revue de littérature sur la relation entre le commerce et l'environnement ainsi que des études qui emploient la méthode de Input-Output (IO) pour calculer les émissions de carbone incorporées au commerce de la France et de la Chine. Après une rapide mise en contexte de la situation du commerce bilatéral France-Chine dans la section 3, la section 4 explique la méthodologie utilisée et la section 5 illustre les sources des données. Les résultats des calculs sont illustrés et analysés dans la section 6 et 7. Finalement, nous concluons dans la section 8.

2. Commerce et environnement : une revue de littérature

La relation entre commerce et environnement est traitée par une vaste littérature sous de nombreuses formes. De façon générale, la littérature avance que la libéralisation du commerce peut modifier la structure d'une économie, et affecter ainsi les conséquences environnementales reliées.

La théorie la plus traditionnelle qui explique la direction de ces changements potentiels de la structure économique est la théorie Heckscher-Ohlin conventionnelle (H-O), qui suppose que le commerce encourage les économies à développer les secteurs qui possèdent des avantages comparatifs. Bien que la théorie de H-O ne traitait pas initialement les conséquences environnementales du commerce, considérant que différents secteurs peuvent avoir de différents profils en termes de pollution, il nous n'est pas difficile à envisager qu'un tel changement structurel déclenché par l'ouverture commerciale peut éventuellement affecter la condition environnementale des pays qui participent au commerce.

Copeland et Taylor (1994, 1997) et Antweiler et al (2001) ont réussi à inclure la dimension de l'émission directement dans le modèle traditionnel de H-O, en supposant que l'avantage comparatif d'un pays peut être affecté (au moins) par deux aspects des caractéristiques d'une économie : la dotation naturelle en facteurs et la dureté de sa réglementation environnementale. Bien que le revenu relativement bas d'un pays en voie de développement l'empêche d'adopter une règlementation sur l'environnement aussi stricte que celle de ses partenaires commerciaux développés, la possibilité pour celui-ci de « récupérer » les secteurs polluants délocalisés par les pays développé va également dépendre de sa dotation en facteurs. En supposant que les secteurs intensifs en pollution sont généralement intensifs en capital, Copeland et Taylor (1994, 1997) concluent qu'un pays en voie de développement ne se spécialisera dans les industries polluantes que si les secteurs polluants récupérés lui permet d'avoir une marge de bénéfice suffisamment importante pour contrebalancer le coût de son désavantage en capital vis à vis de ses partenaires développés.

Cette théorie explique bien les conclusions mitigées observées dans la littérature empirique sur la relation entre le commerce et l'environnement. À part un petit nombre d'études qui apportent des éléments soutenant le fait que le commerce peut entrainer plus de pollution dans les pays en voie de développement, comme suggère l'hypothèse du « havre de pollution ».[1] La plupart des études de ce domaine ont trouvé les résultats ambiguës ou contradictoires. Grether et de Melo (1995) comparent l'évolution des indices d'Avantages Comparatifs Révélés (ACR) moyens de produits polluants dans 53 pays entre 1965 et 1990.

[1] Robinson (1988), Low et Yeats (1992), Hettige et al. (1992), Xing et Kolstad (2002), Friedl et Getzner (2003) et Cole (2004).

Bien que la tendance décroissante des ACR dans les pays développés confirme qu'ils perdent leur spécialisation dans les industries polluantes, les diverses trajectoires suivies par les ACR des pays en voie de développement échouent à apporter la preuve que ces pays se spécialisent dans ces productions et deviennent des « havres de pollution ». Eskeland et Harrison (2003) analysent quatre pays en voie de développement ouverts au commerce international : la Côte d'Ivoire, le Maroc, le Mexique et le Venezuela, et n'arrivent pas non plus à trouver une spécialisation de ceux-ci dans les industries polluantes. Gale et Mendez (1998), en utilisant la même base de données transversale que Grossman et Krueger (1991, 1994), détectent seulement une corrélation ambiguë entre la politique commerciale d'un pays et ses indicateurs de qualité de l'environnement. En se concentrant sur l'impact potentiel du commerce sur la pollution à travers l'effet de composition, Antweiler et al (2001), suivis de Cole et al (2005), concluent également que " positif ou négatif, l'impact environnemental du commerce doit toujours être petit". Se basant sur le cas de la Chine, un des pays en voie de développement les plus impliqués dans le commerce international, et sur une approche structurelle, He (2006) et He (2010) ont également conclut que la relation ambiguë entre le commerce et l'environnement est due à multiples canaux de transmission et nombreux autre facteurs de détermination (progrès techniques, processus de l'industrialisation de l'économie chinoise, la variation de la demande intérieure avec la croissance économique, etc.) qui affectent l'environnement en même temps que le commerce.

L'une des difficultés majeures à laquelle se confronte la littérature qui traite de la relation entre commerce et environnement est l'identification de l'impact propre à chaque facteur. Ce problème est particulièrement présent dans des études qui se focalisent sur les cas d'émissions locales, dont les évolutions dépendent non seulement du commerce mais également des facteurs du côté de l'offre comme l'échelle de production et des facteurs du côté de la demande comme les règlementations environnementales locales, tous deux dépendent eux aussi du commerce : le commerce affecte l'échelle de production ainsi que le niveau de revenu et ce dernier affecte la demande pour un meilleure qualité de l'environnement.

Cette difficulté est cependant moindre pour le cas des émissions globales comme CO2 pour plusieurs raisons. Premièrement, en tant qu'émission globale, la demande provenant de la population domestique pour contrôler cette émission est souvent plus faible comparée à celle pour une émission locale. De plus, les émissions de CO2 sont plus étroitement reliées aux combustions des énergies fossiles, à part des progrès technologiques plus fondamentaux qui améliorent l'efficacité de combustion et la capture de chaleur, les techniques de dépollution de style « end-of-pipe » souvent utilisées pour réduire les émissions locale ne sont, à priori, pas efficaces pour la réduction de CO2. De ce point de vue, la relation entre commerce et l'émission de CO2 doit être moins complexe que celle entre commerce et les cas des émissions locales.

Calculer le CO2 incorporé au commerce nous semble une approche pertinente pour l'analyse des relations entre commerce et CO2. Au lieu de tracer la relation de causalité entre la situation de pollution d'un pays et ses performances commerciales avec des estimations économétriques, cette approche déduit le volume d'émissions de CO2 directement des statistiques du commerce. De plus, comme cette approche trace l'ensemble du cycle de vie des produits exportés/importé, elle est capable d'inclure dans la considération des différences de l'efficacité technologique, de la structure énergétique et de la structure de consommation intermédiaires entre les pays partenaires, ainsi elle permet d'obtenir des détails sur les évolutions de CO2 directement issues des variations des volumes de commerce. Finalement, ce volet d'analyse peut également fournir des résultats de différentes précisions, de très désagrégées au niveau sectoriel aux fortement agrégés au niveau national, qui nous permettent de comprendre la situation des émissions de carbones provoquées par le commerce international à différents niveaux.

La France a fait rarement l'objet d'analyse dans les études du CO2 incorporés au commerce. La France est en effet souvent étudiée avec un ensemble de pays. La plupart des études de BÉIC existant qui touchent le cas de la France se focalisent sur le cas de l'Europe ou des pays OCDE (Ahmad et Wyckoff, 2003 ; Peters et Hertwich, 2008 ; Davis et al., 2011). A partir de ces études, il est cependant quasi-impossible de connaitre la situation particulière de la France, car elles utilisent très souvent des hypothèses fortes comme l'homogénéité de la technologie de production et de la structure énergétique entre les pays européens. Elles effacent ainsi les particularités de la France, surtout sa efficacité en terme du carbone grâce à sa transition énergétique vers la nucléaire dans les années 1970.

Fink et Gautier (2013) semble être la seule étude qui étudie le carbone incorporé au commerce de la France. Cette étude montre que entre 1990 et 2007, bien que les émissions liées à la production en France ont diminué de 7,5%, les émissions liées à la consommation seraient en augmentation de 14% sur la même période, ce qui signifie une augmentation des émissions issues de l'importation de 63%. Cependant, cette étude n'avance de conclusion ni sur les provenances ni sur les conséquences pour ces émissions importées. Ils ont indiqué seulement que l'Allemagne se trouve être le plus grand exportateur de CO2 incorporé pour la France, entre 1990 et 2008, le pays exporte 21Gt de CO2 net par an via ses commerces avec la France.

Différente de la France, en tant que l'usine du monde, l'importance de la Chine dans le domaine du commerce international a motivé fréquemment des études de BÉIC pour ce grand pays exportateur. Depuis 2000, une quinzaine d'études qui se concentrent sur le cas de la Chine ont été publiées. Certaines études calculent seulement le carbone incorporé dans l'exportation chinoise, comme Weber et al. (2008) et Liu et al. (2010). D'autres études considèrent les émissions incorporées aux importations en utilisant l'hypothèse de "substitution à l'importation" en supposant que les intensités étrangères soient égales à celles

de la Chine (Li et al., 2007). Considérant que la Chine est largement moins efficace en termes d'intensité carbone que sa plupart des partenaires commerciaux à cause de son niveau de technologies et la prédominance du charbon dans sa structure énergétique, certains auteurs décident d'utiliser le taux d'émission des pays d'origine pour calculer le carbone incorporée dans les importation vers la Chine, prenons comme exemple ici, Pan et al. (2008) et He et Fu (2012).

Quelques études ont focalisé leur calculs de BÉIC seulement sur le commerce-bilatéral de la Chine avec ses importants partenaires commerciaux, nous pouvons lister ici Liu et al. (2010) et Dong (2010) pour le commerce bilatéral entre la Chine et Japon, Shui and Harriss (2006), Temurshoev (2006), Guo (2010) et Du et al. (2011) pour le commerce entre la Chine et les États-Unis, Li and Hewitt (2008) entre la Chine et la Grande Bretagne et Reinvang and Peters (2008) entre la Chine et la Norvège, Atkinson *et al* (2010) ont calculé le carbone incorporé au commerce entre la Chine et les 15 pays membres de l'Union Européenne et Peters et al. (2011) entre la Chine et l'Europe. La plupart de ces études confirment une tendance à l'augmentation du carbone incorporé au commerce pour la Chine et presque la totalité de ces études concluent que la Chine est un net exportateur de carbone.

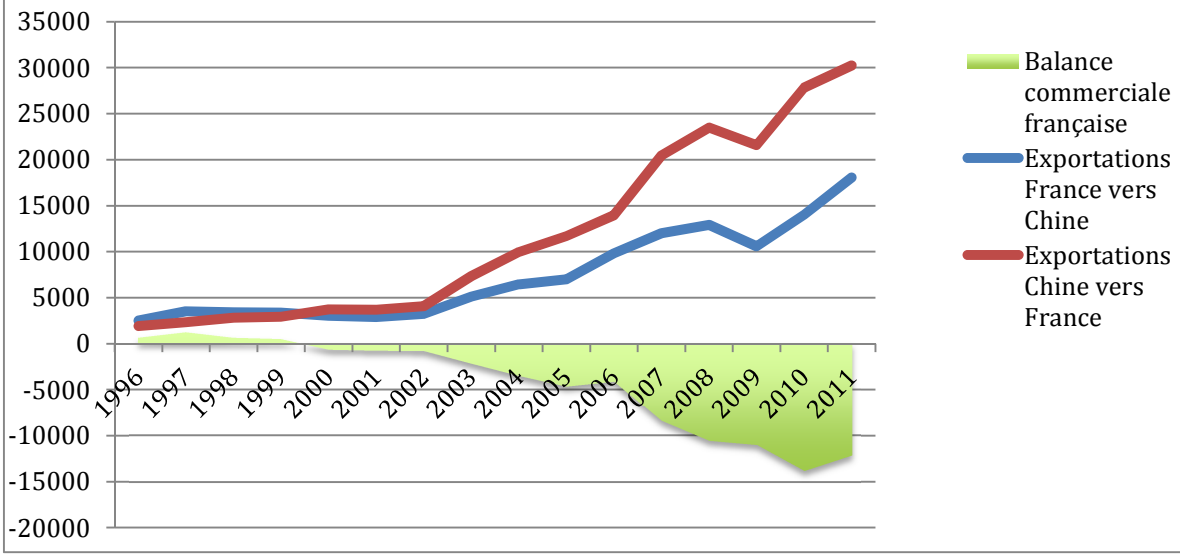
3. Contexte Chine et France

3.1. Commerce bilatéral

Il n'existe pas encore dans la littérature une étude de BÉIC qui se focalise sur le commerce bilatéral entre la France et la Chine, bien que, selon les statistiques, exception faite des USA, la Chine est en effet le premier partenaire non annexe B de la France.

Le graphique 2 présente les évolutions de la balance commerciale de la France (la différence entre les exportations de la France vers la Chine et les exportations de la Chine vers la France) entre 1996-2011. Nous pouvons constater ici une relation commerciale bilatérale qui se resserre de plus en plus, en particulier après 2003. Ceci est illustrée non seulement par l'expansion du volume du commerce mais également par la vitesse d'expansion, surtout celle des exportations chinoises: en 2003 lors de l'entrée à l'OMC de la Chine, les exportations de produits chinois totalisent 7,3 milliards de dollars US et en 2011 ce chiffre a augmenté à plus de 30 milliards, ainsi un taux de croissance moyenne de 20% par an. La rapide expansion des importations chinoises vers la France a creusé l'important déficit commercial de la France. Bien que la France jouissait d'un excédent commercial avec la Chine jusqu'à l'année 1999, son déficit commercial envers la Chine, commençant en 2000, atteint un pic en 2011 avec plus de 12 millions de dollars US.

Graphique 2 apperçu du commerce bilatéral France-Chine (référence : France)



Le tableau 1 donne plus de détails sur la composition sectorielle du commerce entre les deux pays et leurs évolutions entre 1996 et 2005. Concernant les exportations de la France, nous pouvons noter que la France est spécialisée dans les secteurs à haute valeur ajoutée, en particulier le matériel de transport, les machines & matériel et les produits chimiques. Le secteur du matériel de transport et des produits chimiques ont gardé plus ou moins leurs pourcentages stables dans l'exportation totale de la France vers la Chine dans le temps, mais le secteur machines et matériel semble perdre du terrain et passe de 30% des exportations de 1996 à 12% en 2011. Du côté de la Chine, ses exportations vers la France se prononcent essentiellement dans le secteur du textile, qui est un secteur traditionnel d'avantage comparatif de la Chine. En même temps, la Chine semble aussi acquérir de nouveaux avantages dans deux autres secteurs depuis 2000, l'un est le secteur machines informatiques dont l'importance a augmenté de 5% en 1996 à 12% en 2009 et l'autre est le secteur du matériel de communication, dont la part dans l'exportation totale atteint 13% en 2005.

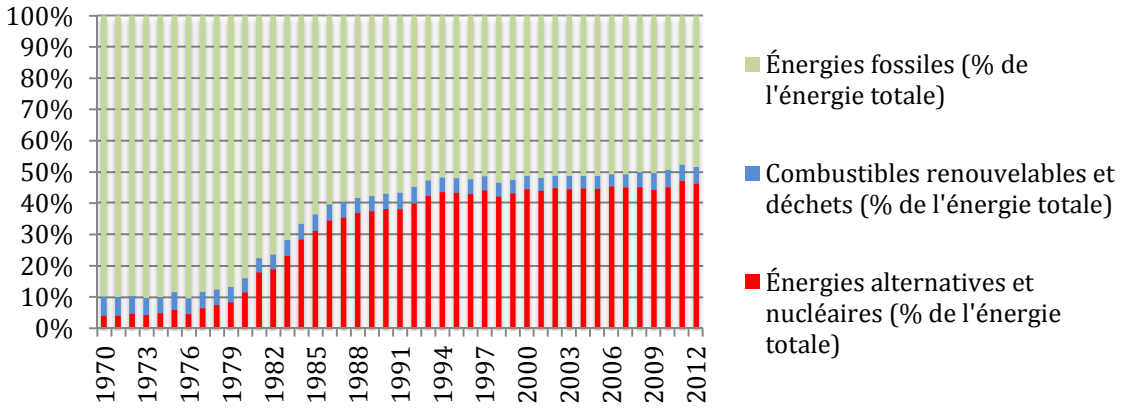
Tableau 1. Composition des exportations françaises et chinoise

	FRANCE vers CHINE				CHINE vers FRANCE			
secteurs	**1996**	**2000**	**2005**	**2011**	**1996**	**2000**	**2005**	**2011**
Agriculture	1%	5%	2%	1%	2%	1%	0%	0%
Extraction	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%
Agro-alimentaire	2%	3%	3%	10%	6%	3%	1%	1%
Textiles	1%	3%	2%	3%	**29%**	**24%**	**22%**	**24%**
Produits du bois	0%	1%	0%	0%	2%	1%	1%	1%
Produits du papier	1%	1%	1%	1%	0%	1%	0%	1%
Produits énergétiques	0%	0%	0%	0%	1%	2%	1%	1%
Produits chimiques	**12%**	**11%**	**11%**	**14%**	7%	4%	4%	5%
Plastiques	1%	1%	2%	2%	5%	4%	3%	3%
Produits minéraux	1%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	2%
Sidérurgie	2%	3%	5%	3%	0%	0%	1%	1%
Ouvrages en métaux	3%	5%	2%	3%	4%	4%	4%	4%
Machines & matériel	**30%**	**15%**	**16%**	**12%**	**7%**	**9%**	**9%**	**11%**
Machines informatiques	1%	1%	1%	1%	**5%**	**7%**	**17%**	**12%**
Machines électriques	8%	11%	8%	6%	4%	6%	5%	6%
Matériel de com.	4%	17%	10%	3%	**8%**	**13%**	**16%**	**13%**
Instruments de précision	4%	4%	5%	4%	4%	3%	2%	2%
Matériel de Transport	**27%**	**17%**	**29%**	**36%**	2%	7%	5%	5%
Autres manufactures	0%	1%	1%	1%	12%	9%	7%	8%

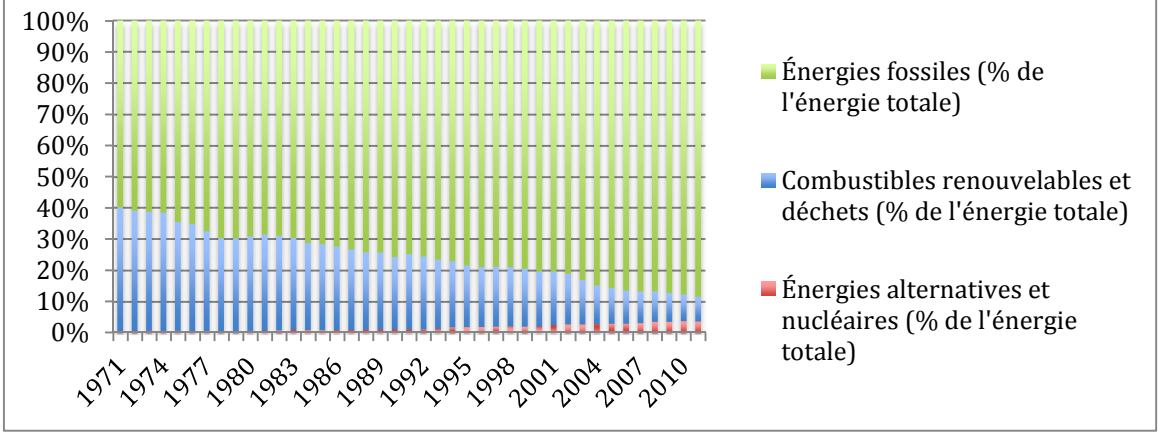
3.2 Structure énergétiques

Les graphiques 2.a et 2.b illustrent les évolutions de la structure de consommations énergétiques des deux pays selon les types d'énergie, pour lesquelles, la Chine et la France semblent entreprendre des directions très différentes. Dans un côté, depuis fin 1970, l'économie française réduit graduellement l'importance des énergies fossiles de 90% à environ 50% dans son économie, quasi-totalement remplacé par l'énergies nucléaires. Pour la Chine, l'expansion de cette économie semble essentiellement se baser sur les énergies fossiles, dont la dominance dans la structure énergétique augmente de 40% au début des années 1970 à 90% en 2012. Ces différences dans la structure énergétique expliquent en grande partie la différence des intensités de carbone entre les deux pays.

Graphique 2.a Consommation d'énergie française selon la source, 1970-2012



Graphique 2.b consommation d'énergie chinoise selon la source, 1971-2011



4. Méthodologie

Pour construire la BÉIC, trois étapes sont nécessaires. Nous devons tout d'abord construire l'intensité directe d'émission de CO2. C'est la quantité de CO2 émise par un secteur industriel pour concevoir un dollar d'output. En second lieu, nous utilisons l'intensité directe d'émission de CO2 et la matrice d'input-output pour obtenir l'intensité totale d'émission de CO2 pour chaque secteur. L'intensité totale représente le contenu en CO2 d'un dollar de demande finale d'un secteur. Enfin l'intensité totale d'émission de CO2 doit être multipliée par les exportations du pays pour obtenir le CO2 incorporé dans les exportations. Pour obtenir par la suite la BÉIC, il

suffit de faire la balance entre le CO2 contenu dans l'exportation d'un pays et celui contenu dans les exportations du pays étranger.[2]

L'équation (1) illustre comment calculer l'intensité directe d'émission de CO2 au niveau sectoriel.

$$\omega_i = \frac{CO2_i}{D_{p,i} y_i} \tag{1}$$

Ici, ω_i signifie l'intensité directe d'émission de CO_2 du secteur *i*; $CO2_i$ représente les émissions de CO_2 du secteur *i*; y_i l'output domestique du secteur *i*. Pour assurer la comparabilité de la valeur de l'output entre différents années, nous employons le déflateur des prix à la production du secteur *i*, $D_{p,i,}$ avec pour base 100% à l'année 1996 pour supprimer les expansion nominale de la valeur de production causé par l'inflation. Shui et Harriss (2006) et Du et al. (2011) ont également effectué la même déflation dans leurs études.

Une fois les intensités directes du carbone obtenues, nous pouvons calculer les intensités totales d'émission de carbone pour différents secteurs, grâce à la Méthode de Input-Output proposée par Leontief et Ford (1970). L'utilité essentielle de cette méthode est de calculer l'output total nécessaire pour concevoir une unité de demande finale. Selon cette méthode, l'output total d'une économie peut être calculé comme,

$$Y = (I - \mathrm{A})^{-1} B \tag{2}$$

Y est un vecteur d'output total *N*1* dont les éléments y_i, *i=1, 2, ..., N* sont les outputs des secteurs *i*; La matrice $(I\text{-}A)^{-1}$ est la matrice N*N inversée de Leontief, dont les éléments c_{ij} représentent l'output généré par chaque secteur i (i=1,2,…, N) pour concevoir une unité de demande finale du secteur *j*; *B* est un vecteur *N*1* dont les éléments β_i représentent la demande finale des secteurs *i*, incluant consommation des ménages, du gouvernement, investissement, variation des stocks et exportations vers le reste du monde (qui peut par la suite être distinguée entre l'exportation vers la France/Chine et l'exportation vers le reste du monde autre que la France).

Une fois l'output total Y est obtenu, nous pouvons calculer les émissions totales de CO2 selon l'équation (3) suivant,

$$E = \hat{\Omega} Y = \hat{\Omega} (I - \mathrm{A})^{-1} \mathrm{B} \tag{3}$$

[2] Nous utilisons les exportations du pays partenaire au lieu du couple exportation importation afin d'écarter tout biais du à la comptabilisation des droits de douanes, frais de port et pertes dans les statistiques d'importations.

E est un vecteur *N*1* dont les éléments e_i sont les émission totale de CO_2 des secteurs *i*; $\hat{\Omega}$ est une matrice diagonale *N*N* dont les éléments $\omega_{ij\,(i=j)}$ sont les taux d'intensité directe d'émission de CO_2 des secteurs *i*, les éléments hors diagonale de la matrice sont quant à eux égaux à 0.

A partir de cette équation, nous pouvons également écrire le calcul des intensités des émissions totales de CO2 des secteurs comme :

$$\mathrm{F} = \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{B}} = \hat{\Omega}(I - \mathrm{A})^{-1} \qquad (4)$$

Ici, F est un vecteur N* 1 dont le élément f_i représente le taux d'émission totale de CO2 du secteur i. L'intuition économique derrière cette équation est que, pour produire un bien final d'un secteur i, on doit utiliser les produits des autres secteurs comme consommations intermédiaires (CI). Chaque composant de ces consommations intermédiaires a lui-même un contenu de CO2, qui dépend de l'intensité d'émission directe de sa propre production et la quantité utilisée comme CI pour une unité de produit final du secteur i. La matrice inversé de Leontief, en traçant la totalité des détails de CI, nous permet ainsi de comptabiliser l'ensemble du contenu en CO2 qui contribue à la réalisation d'un bien final d'un secteur.

Comme l'exportation est un composant d'output final, nous pouvons ainsi calculer le CO2 incorporé aux exportations en multipliant l'intensité totale par les exportations.

$$S = \Omega(I - A^d)^{-1}X \qquad (5)$$

S est un vecteur *N*1* dont les éléments s_i représentent le volume d'émission de CO_2 incorporé dans les exportations du secteur *i*; *X* est un vecteur *N*1* dont les éléments x_i sont les exportations des secteurs *i*.

A partir de l'équation (5), nous pouvons facilement obtenir le BÉIC de France comme illustré dans l'équation (6).

$$B\acute{E}IC^f = S^f - S^c = \Omega^f(I - A^{df})^{-1}X^f - \Omega^c(I - A^{dc})^{-1}X^c \qquad (6)$$

où les indices *f* et *c* réfèrent respectivement aux données françaises et chinoises et S signifie la valeur totale de CO2 incorporé à l'exportation d'un pays vers l'autre.

Cette méthodologie, fait partie des études utilisant le modèle Input-Output de simple région reliée (IOSR, Linked Single Region Input-Output Model en anglais), possède ses avantages et désavantages. Tout d'abord, dans notre étude, comme le calcul de CO2 incorporé est réalisé indépendamment et avec des données propres à chaque pays, la BÉIC calculée selon l'équation (6) prend ainsi en compte l'ensemble des caractéristiques techniques, environnementales, structurelles et commerciales des deux pays. Ceci est évidement un avantage par rapport à la méthode de I-O simple région, qui utilise très souvent l'hypothèse de la homogénéité technologique et structurelle entre pays pour pouvoir simplifier le calcul

des émissions incorporées dans les importations en provenance d'autres pays. Cependant, comparé à certaines études bilatérales qui utilisent le modèle d'Input-Output de multiple région (IOMR), ce modèle présente encore des limite. Différent de l'IOMR qui relie directement les tableaux I-O des deux pays par leurs commerces bilatéraux (Lenzen, 2004 ; Su et Ang, 2011 et Peters, 2008), l'IOSR ne distingue pas la matrice de CI importée et la matrice de CI domestique, ainsi elle ne peut capter que la dernière étape de la chaine internationale d'approvisionnement de CI. Par exemple, le bien A importé de la Chine vers la France peut utiliser certains CI en provenance de la France. Cependant, le calcul de CO2 incorporé dans ce bien importé de la Chine suppose que tous les CI sont produite en Chine, qui présente ainsi une risque de surestimation de CO2 incorporé à l'exportation de la Chine vers la France, si nous croyons que la Chine a en général une intensité du carbone plus élevé que la plupart de ses pays partenaires commerciaux.

Un autre indicateur que nous pouvons calculer est les termes de pollution de l'échange (TPÉ, en anglais *Pollution Terms of Trade*). Premièrement proposé par Antweiler (1996), cet indicateur mesure le rapport entre le CO2 incorporé dans un dollar d'exportation par rapport à celui incorporé dans un dollar d'importation. Un TPÉ>1 signifie que en moyenne, l'intensité de CO2 incorporé aux exportations soit plus élevé que importation, ou plus concrètement, pour chaque dollar de l'échange entre les deux pays, un pays avec TPÉ>1 doit émettre plus de CO2. Pour le cas de France, le TPÉ peut être calculé par :

$$TP\acute{E}^{f} = \frac{\frac{\sum_i (\beta_i^f * x_i^f)}{\sum_i x_i^f}}{\frac{\sum_i (\beta_i^c * x_i^c)}{\sum_i x_i^c}} \tag{7}$$

Un autre indicateur d'intérêt est le TPÉ évité, dont le calcul est précisé dans l'équation (8) :

$$TP\acute{E}^{f}_{\acute{e}vit\acute{e}} = \frac{\frac{\sum_i (\beta_i^f * x_i^f)}{\sum_i x_i^f}}{\frac{\sum_i (\beta_i^f * x_i^c)}{\sum_i x_i^c}} \tag{8}$$

La seule différence dans l'équation (8) par rapport à l'équation (7) est que dans le dénominateur, les intensités d'émission β_i sont également celles de la France. Intuitivement, cet indicateur compare l'intensité moyenne de CO2 de ses exportations par rapport à l'intensité moyenne de CO2 des productions domestiques évitées par les importations en provenance de pays étrangers. Ainsi un $TP\acute{E}_{évité}$>1 signifie que les exportations de ce pays sont en effet relativement plus concentrées dans des secteurs polluants, vice versa pour le cas où $TP\acute{E}_{évité}$<1.

5. Données

Pour cette étude, nous avons compilé les données de la consommation française et chinoise d'inputs énergétiques à usage final pour pouvoir calculer les émissions directement déchargées par chaque secteur. Pour la France nous avons basé notre compilation principalement sur les données du Service des Études Statistiques Industrielles (SESSI) qui compte 114 secteurs industriels français de 1996 à 2007; les données concernant l'agriculture, les transports et les autres secteurs non manufacturiers proviennent de la base de donnée de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) qui totalise l'économie française en 54 secteurs d'activité de 1996 à 2009. Concernant les données énergétiques chinoises elles ont pu être extraites du Bureau National des Statistiques de Chine qui rassemble 35 secteurs chinois pour 1991 à 2008. Ces données de consommation énergétique finale sectorielles donnent des détails assez précises, qui s'agit d'une structure énergétique de 18 combustibles différents (Charbon brut, propre et lavé, coke, gaz de four à coke, gaz de four à charbon, autres produits cokéfiés, pétrole brut, essence, kérosène, diesel, fioul, GPL, gaz de raffinerie, autres produits pétroliers, gaz naturel, butane-propane, fioul lourd). L'électricité (autoproduite par les secteurs eux-même ou produite par des centrales thermiques) est à son côté classé en 13 catégories selon leurs sources d'énergies, dont 3 sources non émettrices de CO_2 qui sont le nucléaire, l'hydroélectricité, et les énergies nouvelles réparties (photovoltaïque, éolien, géothermale, etc), et 10 sources combustibles fossiles (fioul, charbon, gaz naturel, pétrole brut, essence, diesel, GPL, gaz de raffinerie, coke, gaz de coke). La conversion des consommations des énergies à l'usage final de chaque secteur en émissions du carbone est effectuée selon l'approche de référence proposé par GIEC (2006).

Les matrices input-output de la Chine et de la France proviennent de l'OCDE, qui comprennent initialement 90 secteurs d'activité et sont compilées pour les années 1990, 2000 et 2005. Pour concevoir les matrices pour les années intermédiaires où la matrice n'existe pas, nous supposons que les évolutions des tableaux I-O entre les deux années où il y a des données officielles suivent une logique de changements linéaires, ainsi pour l'année 1996, la matrice I-O est la somme de 80% de IO_{1995}+20% de IO_{2000}; pour l'année 1999, la matrice I-O sera la somme de 20% de IO_{1995}+80% de IO_{2000}, ainsi de suite.[3]

Les données au niveau sectoriel du commerce bilatéral entre la France et la Chine sont également extraites des matrices d'exportations des deux pays avec leurs partenaires commerciaux les plus importants, disponibles également à l'OCDE. Dans cet article, considérant la nature "miroir" des données des commerces bilatéraux, nous utilisons les valeurs d'exportation rapportées par le pays partenaire commercial comme la valeur

[3] Une raison principale de cette approche est de garder la continuité dans les changements des tableaux I-O.

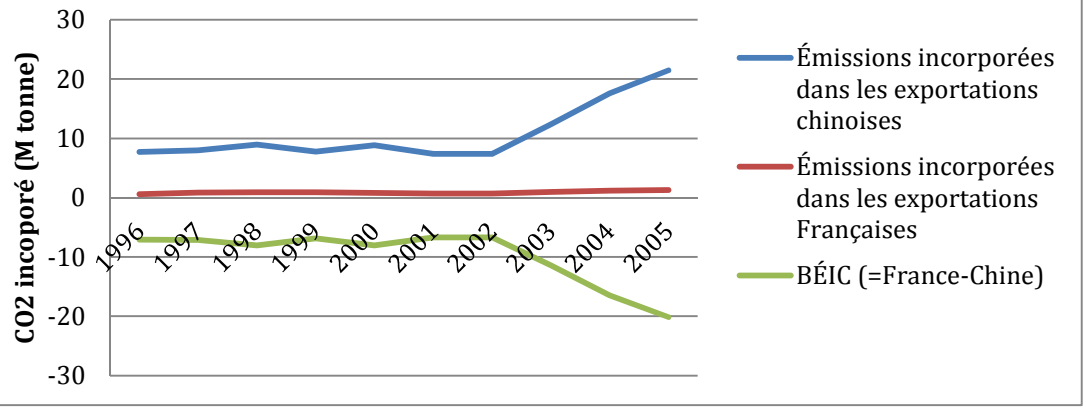
d'importation du pays d'intérêt pour éviter les sur-comptage du côté de l'importation à cause des paiements des tarifs douaniers, d'assurance et de frais de transport, etc.

Le travail d'harmonisation sectorielle entre les données des différents domaines (énergie, I-O, commerce) et entre les deux pays se base sur plusieurs documents de classification officiels. Nous avons ainsi utilisé les tables de correspondances standards permettant de faire une harmonisation entre NES114, CITI rev 3, CITI rev 3.1, CITI rev 4, STAN. Enfin, nous devons préciser que le passage de la classification CITI rev 4 utilisée pour quelques secteurs français pose de légers problèmes de double comptage avec la classification STAN. Cependant la consommation énergétique des secteurs double comptés est marginal par rapport au reste. Plus de détails sur les doubles comptages ainsi que l'ensemble du traitement des données sont répertoriés en annexe.

6. Présentation de la BÉIC France-Chine

Dans cette section nous présentons les résultats du calcul des émissions incorporées au commerce France-Chine. Le graphique 3 illustre les évolutions des émissions de carbone incorporées au commerce bilatéral entre les deux pays de 1996-2005. Bien que la France ait bénéficié un surplus commercial avec la Chine, elle présentait dès 1996 un déficit en terme de carbone. C'est-à-dire les exportations chinoise, bien que moins importantes en termes de valeur que les exportations françaises, incorporent plus de carbone. Ce déficit, restant stable entre 1996-2002, s'est agrandit rapidement depuis 2003, il dépasse les 20 millions de tonnes en 2006, ce qui présente plus de 5% des émissions totales de CO_2 de la France (391 M tonnes selon la Banque Mondiale) de la même année.

Graphique 3. PÉIC de la France: 1996-2005



Les évolutions de la BÉIC entre la France et la Chine s'expliquent par le dynamisme de l'intensité d'émission de carbone et les variations des volumes de commerce. Comme nous avons déjà constaté dans le graphique 1, il existe une très grande différence entre l'intensité

française et l'intensité chinoise, ce qui explique en grande partie le déficit en carbone de la France, surtout entre 1996-2002, la période pendant laquelle le volumes du commerce entre les deux pays est resté relativement stable. En dépit du fait que la Chine ait réalisé depuis 1996 d'importantes réductions de son intensité en carbone, son intégration au marché mondial (et à celui de la France) après son adhésion à l'OMC, visible de par la très rapide expansion de ses exportations, explique essentiellement la rapide augmentation du déficit en carbone de la France, qui reçoit année après année de plus en plus de produits chinois.

Le $TPÉ_{France}$ présenté dans le graphique 4 illustre les termes de pollution de l'échange au niveau national pour la France et leurs évolutions dans le temps. $TPÉ_{France}$ est un quotient qui compare le ratio du carbone incorporé dans un dollar d'exportation de la France par rapport au carbone incorporé dans un dollar d'exportation de la Chine. Sans aucune surprise, $TPÉ_{France}$ présente une série de quotients inférieurs à 1. Ils illustrent logiquement la supériorité de la France en terme de l'efficacité du carbone. Cependant, dynamiquement, la valeur de $TPÉ_{France}$ présente certaine fluctuations. Tout d'abord, ce ratio augmente graduellement de 0,06 en 1996 à 0,12 en 2001, ce qui présente une détérioration de l'efficacité relative en carbone des exportations françaises ou une amélioration de l'efficacité relative en carbone des exportations chinoises égale à 100%. Entre 2002 et 2004, ce ratio a diminué de 0,12 à 0,10, et finalement stabilisé à 0,10 en 2005. Considérant que la Chine a adhérée à l'OMC entre 2001 et 2002, cette re-diminution de TPÉ de France entre 2002-2005, signifiant une diminution (augmentation) de l'intensité relative en carbone des exportations françaises (chinoises), dévoile-t-il une tendance de la délocalisation des secteurs intensifs en carbone vers la Chine ?

Graphique 4. Évolution de TPÉ France (1996-2005)

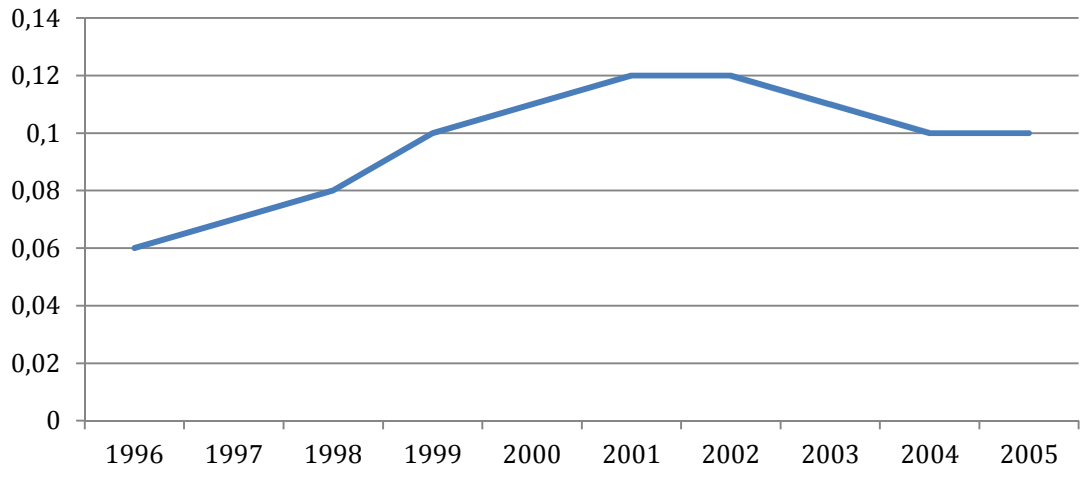


Tableau 2 présente nos calculs des TPÉ évités qui comparent directement, les émissions d'un dollar d'exportation avec les émissions incorporées à un dollar de biens qui aurait du être

produit si l'importation n'avait pas eu lieu. Si entre 2001-2005, la France a délocalisé les secteurs intensifs en carbone vers la Chine, nous devrions nous attendre à des augmentations de $TPÉ_{évité}$ pour la Chine et l'inverse pour le $TPÉ_{évité}$ de la France, qui reflètent les variations relatives dans la structure d'exportation et d'importation. Cependant, les informations données par le Tableau 2 semblent confirmer le contraire : la France a vécu une augmentation de $TPÉ_{évité}$ et la Chine une diminution entre 2001-2005. De plus, la valeur de TPÉ évité reste toujours supérieur à 1 en France, qui signifie une intensité carbone moyenne des biens exportés plus importante que celle des biens remplacés par les importations provenant de la Chine. Le cas inverse est vu en Chine, avec un taux qui varie autour de 0,8, il semble qu'en réalité, l'intensité moyenne en carbone des biens exportés par la Chine est seulement 80% de celle des biens remplacés par les importation en provenance de la France.

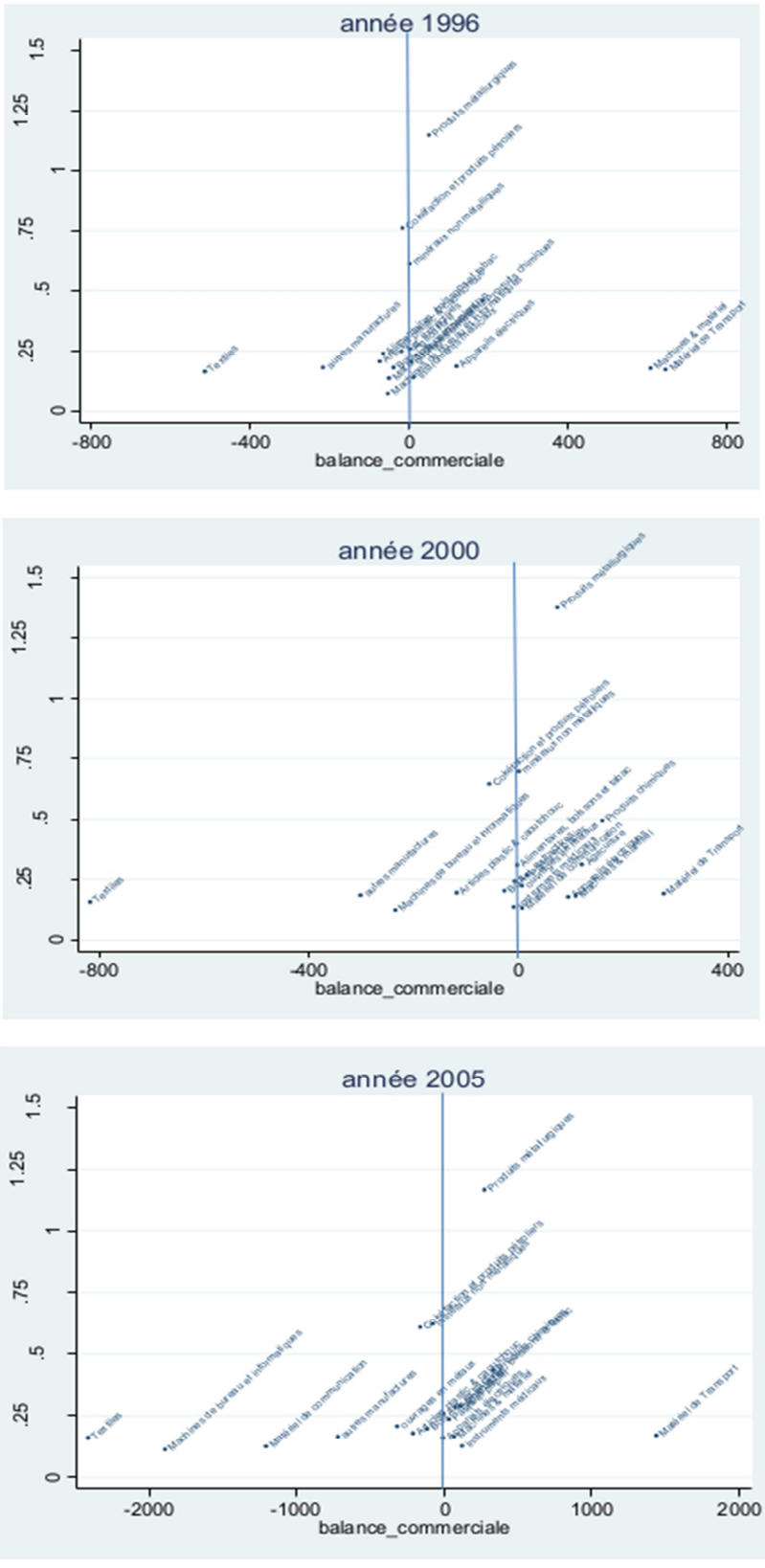
Tableau 2. TPÉ évité des deux pays

	TPÉ évité France	TPÉ évité Chine
1996	1,15	0,84
1997	1,13	0,85
1998	1,19	0,81
1999	1,21	0,87
2000	1,29	0,88
2001	1,23	0,89
2002	1,31	0,86
2003	1,35	0,81
2004	1,35	0,82
2005	1,43	0,83

Le graphique 5 démontre la relation entre la balance commerciale et l'intensité totale des émissions de la France au niveau sectoriel pour trois années, 1996, 2000 et 2005. Si la France transfère sa responsabilité carbone vers la Chine via le commerce, nous devons constater une augmentation des déficits commerciaux des secteurs relativement plus polluants. Cependant, dans la période de notre étude, les secteurs qui présentaient de plus en plus de déficit dans la balance commerciale de la France sont textiles, machines de bureaux et informatiques, matériel de communication, tous considérés comme secteurs intensifs en travail et relativement moins polluants en termes de carbone.

Les évidences multiples présentées dans cette section semblent dévoiler une situation au contraire de ce que prédisent l'hypothèse de Havre de Pollution et la précaution sur le danger de la « fuite du carbone ». Bien que dans les commerces bilatéraux France-Chine, la France présente un déficit agrandissant de la BÉIC, le transfert de responsabilité du carbone via la délocalisation des secteurs intensives en carbone vers la Chine ne semble pas être la cause.

Graphique5. Évolution de la balance commerciale au niveau sectoriel et intensité totale du carbone



7. Transfert de responsabilité vs. Création du carbone : BÉIC décomposée

Si le transfert de responsabilité n'est pas la cause du déficit de la BÉIC de la France, quels sont les facteurs qui ont creusé la grande différence en terme de carbone incorporé dans le commerce entre la Chine et la France ? Pour répondre à cette question, nous proposons dans cette section une simple décomposition de BÉIC. Sachant que la BÉIC de la France est la différence du carbone incorporé aux exportations françaises et celui incorporé aux exportations chinoises, nous pouvons simplement écrire la BÉIC de la France pour le secteur i comme l'équation (9).

$$B\acute{E}IC_i^f = \beta_i^f x_i^f - \beta_i^c x_i^c \qquad (9)$$

$BÉIC_i^f$ représente la Balance d'émission incorporée aux commerces en terme du carbone de la France pour le secteur i; x représente les exportations et β est la valeur de l'intensité du carbone; les indices f, c, et i réfèrent respectivement à des données française, chinoise, et sectorielles.

Nous pouvons ainsi décomposer la BÉIC du secteur i comme celle dans l'équation (9) en deux composantes:

$$B\acute{E}IC_i^f = -\left(\beta_i^c x_i^c - \beta_i^f x_i^f\right) = -\left[\left(\beta_i^c - \beta_i^f\right)x_i^c + \beta_i^f\left(x_i^c - x_i^f\right)\right] \qquad (10)$$

Ainsi le déficit de la BÉIC française du secteur i peut être présenté comment la somme négative des deux termes, dont le premier $\left(\beta_i^c - \beta_i^f\right)x_i^c$ qui mesure la différence du carbone qui sera émis quand x_i^c est produit avec l'intensité en carbone chinoise β_i^c au lieu de française β_i^f. Considérant que pour la quasi-totalité des secteur, le taux d'intensité d'émission en carbone est plus élevé en Chine, pour réaliser la même quantité de produit x_i^c , la production chinoise provoquera plus d'émissions de CO2 que celle de la France. Ainsi le simple fait de demander aux chinois de produire x_i^c et de l'exporter vers la France peut créer des émissions de carbone supplémentaires. [4] Nous pouvons ainsi appeler le terme $\sum_i\left(\beta_i^c - \beta_i^f\right)x_i^c$ de l'équation (10) « création de carbone par commerce » du secteur i.

Pour le deuxième termes$\beta_i^f\left(x_i^c - x_i^f\right)$, la partie $\left(x_i^c - x_i^f\right)$ présente les exportations chinoises nettes de biens du secteur i. Quand $\left(x_i^c - x_i^f\right) > 0$, nous pouvons considérer la partie nette de l'exportation chinoises du secteur i $\left(x_i^c - x_i^f\right)$ multipliée par β_i^f comme les émissions de carbone que la France a pu éviter grâce à ses importations du secteur i en provenance de la Chine. Nous pouvons ainsi appeler ce terme « transfert de la responsabilité de carbone » du

[4] Dans le rare cas où la Chine soit moins intensif en carbone que la France, ce terme devient négatif, qui correspond à la « réduction du carbone par commerce ».

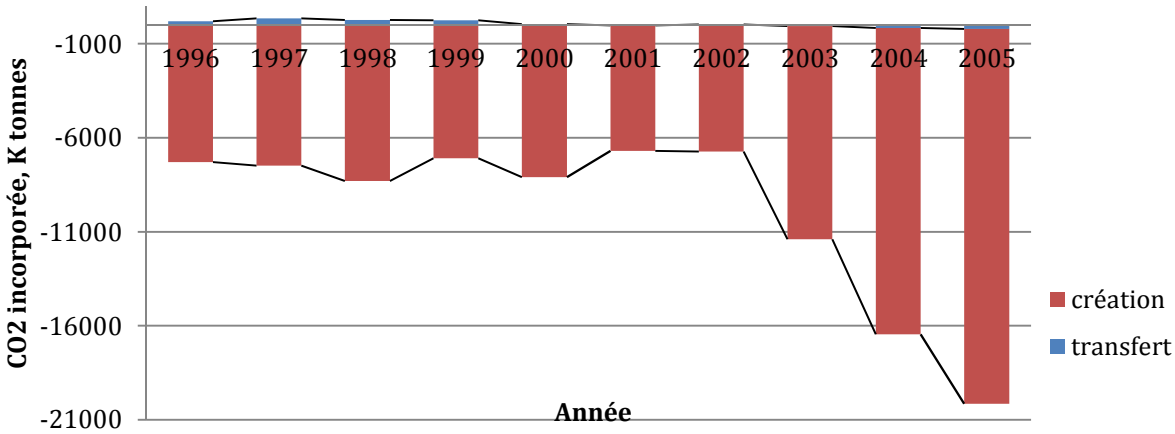
secteur i de la France vers le secteur i de la Chine. Sachant que pour certains secteurs, la France possède un excédent commercial, qui signifie $\left(x_i^c - x_i^f\right) < 0$, et ainsi $-\beta_i^f\left(x_i^c - x_i^f\right) > 0$. Ceci présente en effet l'augmentation de la responsabilité du carbone française à travers son commerce du secteur i avec la Chine.

Additionnant $B\acute{E}IC_i^f$ de tous les secteurs, nous pouvons obtenir une fonction de décomposition pour la BÉIC française tous secteurs confondus comme une somme des deux éléments distingues, la création (+)/réduction (-) et le transfert de responsabilité vers la Chine (+)/vers la France (-).

$$B\acute{E}IC^f = -\sum_i\left(\beta_i^c x_i^c - \beta_i^f x_i^f\right) = -\left[\underbrace{\sum_i\left(\beta_i^c - \beta_i^f\right)x_i^c}_{\substack{Création\ si+\\ réduction\ si-}} + \underbrace{\sum_i \beta_i^f\left(x_i^c - x_i^f\right)}_{\substack{transfert\ de\ F\ vers\ C\ si+\\ transfert\ de\ C\ vers\ F\ si-}}\right] \quad (11)$$

Graphique 6 illustre les résultats de la décomposition de la BÉIC française totale (tous secteurs confondus) selon la logique présentée ici. Clairement, les créations de carbone supplémentaires par la Chine à cause de la grande différence d'intensité de carbone entre les deux pays expliquent la quasi-totalité de la BÉIC. Avant l'an 2000, le commerce avec la Chine augmente l'émission de carbone de la France, ainsi la création de carbone par le commerce pour la Chine explique plus que 100% du déficit de la BÉIC française. A partir de l'an 2001, nous commençons à observer de réels transferts du carbone de la France vers la Chine, (qui correspondent aux barres bleues négatives dans Graphique 6), mais encore une fois la création de carbone explique plus que 98% du déficit de la BÉIC française.

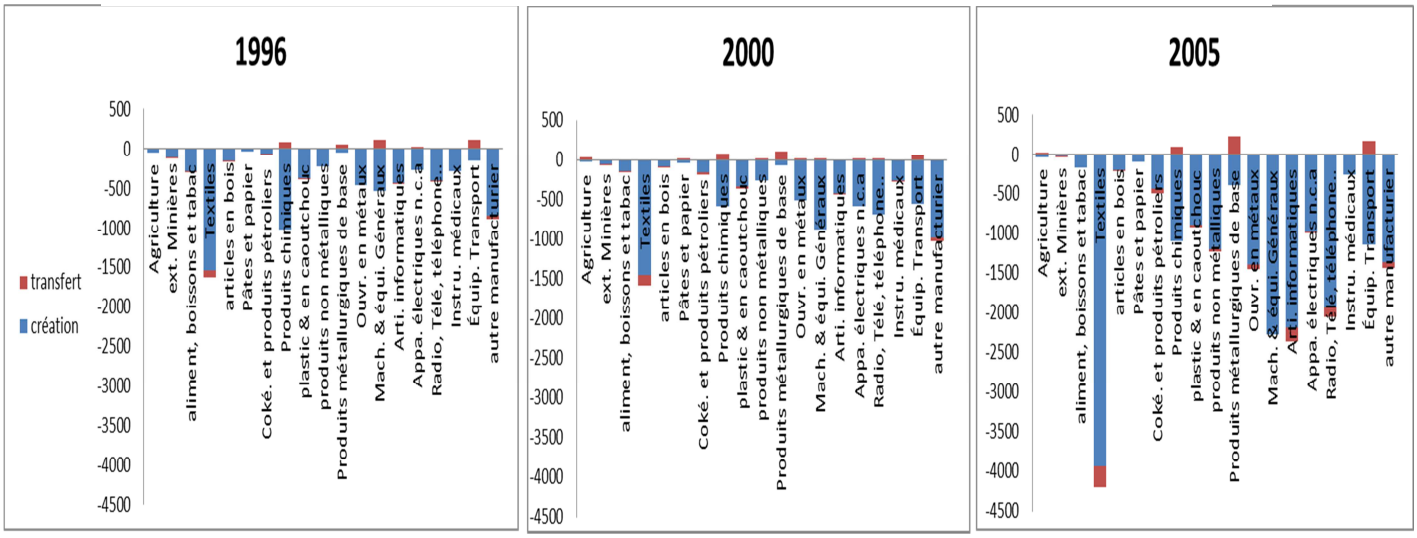
Graphique 6. Transfert ou création? Décomposition de BÉIC francaise (1996-2005)



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
% création	102,81%	104,96%	103,37%	103,65%	100,46%	99,64%	100,32%	99,49%	98,99%	98,94%
% transfert	-2,81%	-4,96%	-3,37%	-3,65%	-0,46%	0,36%	-0,32%	0,51%	1,01%	1,06%

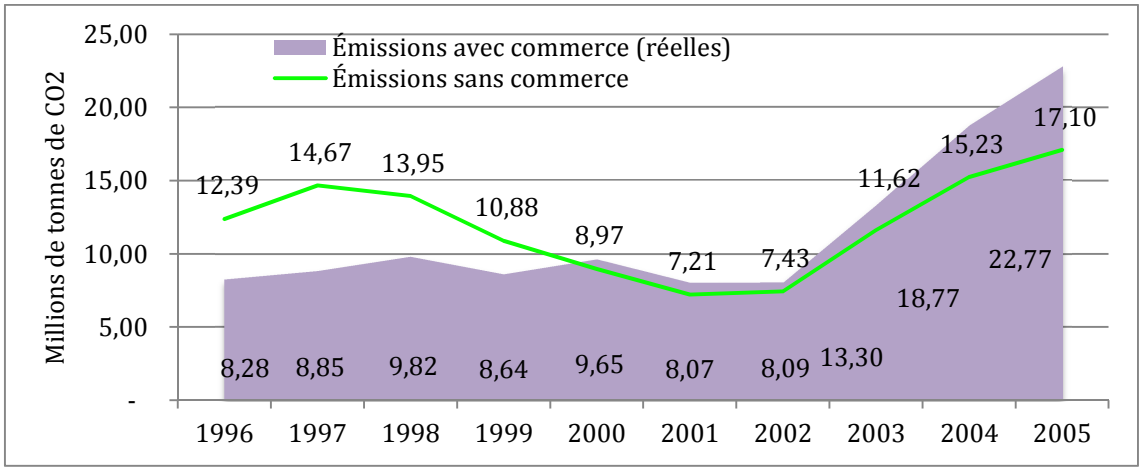
Graphique 7 fournit plus de détails sur la distribution du déficit de la BÉIC française entre secteurs, toujours décomposée en création et transfert du carbone. Une observation intéressante est que la situation de la distribution sectorielle du déficit de la BÉIC françaises ne changeait pas beaucoup entre 1996 et 2000. Pour la situation entre 2002 et 2005, à part une augmentations importante de la création de carbone de la part des secteurs aux avantages comparatifs traditionnels chinois, comme le textile et les équipements informatiques, nous observons également la montée remarquable de presque tous les sous secteurs de machinerie, y compris les produits non métalliques, ouvrages en métaux, machines et équipements généraux, appareils électroniques sauf informatiques, appareils de communications (Radio, Télé, téléphone..) et équipements de transports. Clairement, l'expansion des exportations de ces nouveaux secteurs de la Chine contribuent fortement à l'augmentation du déficit de la BÉIC en France, essentiellement à cause de la création de carbone due à une intensité en carbone largement plus importante en Chine.

Graphique 7. Évolution des transferts et créations du carbone dans la BÉIC française entre les années



Constatant l'importante création de carbone par les exportations chinoises vers la France, une question que nous avons à poser naturellement est : le commerce entre la France et la Chine crée-t-il plus de CO2 que si les deux pays restaient dans une situation autarcique ? Pour répondre cette question, nous pouvons comparer le carbone émit dans la situation de commerce bilatéral, appelé par la suite *CO2 scénario commerce* : $\sum_i(\beta_i^f x_i^f + \beta_i^c x_i^c)$ au carbone qui aurait pu être émis dans la situation sans commerce, c'est-à-dire les deux pays produisent chacun leurs importations chez eux, appelé par la suite *CO2 scénario autarcique* $\sum_i(\beta_i^c x_i^f + \beta_i^f x_i^c)$, pour les différentes années. La comparaison est illustrée dans le graphique 8. Nous pouvons y constater que, avant 2000, le commerce entre la France et la Chine semblait pouvoir réduire l'émission de carbone mais à partir de l'année 2000, l'émission de carbone incorporée au commerce a dépassé l'émission de l'hypothétique situation autarcique.

Graphique 8. Les émissions avec commerce et sans commerce

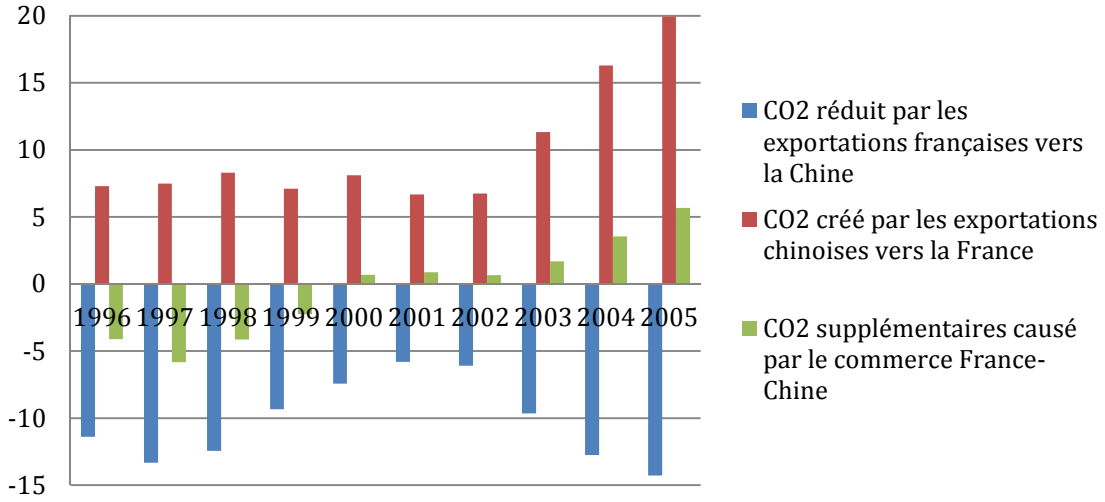


Un peu de démarches mathématiques illustrent que la différence entre les émissions du carbone de ces scénarios peut également être décomposée en deux partie comme illustrée dans l'équation (12).

$$\sum_i(\beta_i^f x_i^f + \beta_i^c x_i^c) - \sum_i(\beta_i^c x_i^f + \beta_i^f x_i^c) = \underbrace{\sum_i(\beta_i^f - \beta_i^c)x_i^f}_{\substack{\textit{carbone réduit grâce aux exportations Françaises vers la Chine}}} + \underbrace{\sum_i(\beta_i^c - \beta_i^f)x_i^c}_{\substack{\textit{carbone créé à cause des exportations chinoises vers la France}}} \quad (12)$$

Ainsi la différence entre scénario commerce et scénario autarcique est en effet la somme des nouvelles émissions créées par les exportations chinoises vers la France avec celle des émissions réduites par les exportations françaises vers la Chine. Basés sur cette équation, nous illustrons dans le graphique 9 les évolutions de ces deux parties des émissions reliées aux commerces bilatéraux. Clairement, le dépassement de CO2 avec commerce par rapport au CO2 sans commerce est essentiellement dû au fait que les émissions créées par les exportations chinoises vers la France sont devenues plus importantes que les émissions réduites par les exportations françaises vers la Chine, et ce, surtout après l'année 2003, quand les exportations chinoises vers la France ont réalisé une expansion d'échelle significative.

Graphique 9. CO2 supplémentaire causé par le commerce France-Chine (million tonnes)



8. Discussion et conclusion

En se basant sur les données détaillées couvrant consommations énergétiques, productions, tableaux I-O et commerces bilatéraux des deux pays, la Chine et la France entre 1996-2005, notre étude a dévoilé tout d'abord une conclusion similaire à beaucoup d'études antérieures. La Chine est un exportateur net de carbone vers la France à travers son commerce bilatéral et cet excédent de la BÉIC s'est accru rapidement depuis l'adhésion de la Chine à l'OMC. Cependant les analyses subséquentes démontrent que la quasi-totalité de cet excédent est causée par la faible efficacité carbone de la Chine et les expansions rapides de son échelle des exportations avec la France. Avec une concentration significative des exportations chinoises dans les secteurs intensifs en travail, comme textiles et équipements informatiques, la Chine semble profiter davantage de sa dotation factorielles que de son niveau de règlementations environnementales faibles en terme de contrôle du CO2. Le réel transfert de la responsabilité de carbone de la France vers la Chine occupe seulement 1-2% dans cet excédent de la BÉIC, le reste, soit 98-99% de cet excédent est du à la création de carbone par les exportations de la Chine, réalisées avec des technologies de production moins efficaces en carbone que celles de la France.

Bien que nous avons observé également la tendance de la Chine à prendre graduellement une part plus importante dans les exportations des secteurs intensifs en carbone (par ex. machinerie, etc.), nous soupçonnons qu'une telle tendance semble davantage être due à son processus d'industrialisation qu'à un avantage comparatif environnemental relié à son objectif

de réduction du carbone plus faible. Une conclusion similaire a été également exposée dans Ackerman (2009), qui conclut que l'avantage comparatif de la Chine dans le commerce mondial n'est pas intimement lié à l'intensité carbone et dans He et Fu (2012), qui ont étudié le carbone incorporé au commerce de la Chine avec le monde entier.

Cette étude a également calculé les conséquences du commerce sur les émissions globales de carbone, à travers une comparaison entre le scénario commerce et le scénario autarcique. Bien que nous n'avons pu obtenir une conclusion comme Liu et al. (2009), qui trouve que le commerce bilatéral entre le Japon et la Chine soit bénéfique pour la réduction des émissions CO_2 à l'échelle mondiale, nos résultats ont pu identifier une partie importante de la réduction de CO2 pour la Chine grâce aux exportations françaises qui bénéficient d'une efficacité carbone plus élevée. Cette partie de la réduction de CO2 occupe un important pourcentage et réduit significativement les conséquences du carbone dans commerce bilatéral entre la France et la Chine.

Une conclusion importante de notre étude est que les déficits carbone dans le commerce bilatéral d'un pays annexe B avec un pays non-annexe B ne signifient pas nécessairement un phénomène de « fuite de carbone ». Même un pays qui exporte principalement dans les secteurs les moins polluants peut avoir un excédent de la BÉIC. En ce qui concerne la Chine qui dispose d'un avantage comparatif dans des secteurs moins polluants et intensifs en main d'œuvre, la raison principale pour lui de devenir un exportateur net de carbone est qu'elle possède une intensité carbone significativement plus élevée que la France. Ce constat révèle également que jusqu'à présent, l'organisation des divisions internationales de production suit encore essentiellement l'hypothèse de la dotation en facteurs traditionnels; la prise en compte des impacts environnementaux potentiels de ces mouvements de marchandises transfrontaliers ne joue qu'un rôle très marginal, bien que ce dernier aurait pu être un facteur qui favoriserait la conservation même le regain de la compétitivité de certains secteurs intensif en carbone pour certains pays annexe-B, si le mesure de l'avantage comparatif incluait la considération des impacts environnementaux concernés.

Références

AHMAD N., A. Wyckoff, "Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods", OECD Science, Technology and Industry Working Paper, OECD Publishing, (2003)

ANTWEILER Werner et Brian R. Copeland & M. Scott Taylor, "Is Free Trade Good for the Environment?," American Economic Review, American Economic Association, Vol. 91(4), pp 877-908, (2001).

ATKINSON Giles, Kirk Hamilton, Giovanni Ruta, Dominique Van Der Mensbrugghe, "Trade in 'Virtual Carbon' Empirical Results and Implications for Policy", Policy Research, Working Paper 5194, (2010).

CARBON TRUST, "Global Flows", The Carbon Trust, (2011)

COLE, M., R.J.R. Elliott et K. Shimamoto (2005). Why the grass is not always greener: the competing effects of environmental regulations and factor intensities on US specialization. *Ecological Economics* 54(1): 95-109.

COLE, M.A. (2004). US environmental load displacement: examining consumption, regulations and the role of NAFTA. *Ecological Economics* 48(4): 439-450.

COPELAND, Brian R et Taylor, M Scott, "North-South Trade and the Environment," The Quarterly Journal of Economics, MIT Press, Vol. 109(3), pp 755-87, (1994)

COPELAND, Brian R. & Taylor, M. Scott, "The trade-induced degradation hypothesis," Resource and Energy Economics, Elsevier, Vol. 19(4), pages 321-344, (1997).

DAVIS Steven J., Glen P. Peters, Ken Caldeira, "The supply chain of CO2 emissions", Harvard, Cambridge, MA, (2011).

DONG Yanli, Masanobu Ishikawa, Xianbing Liu, Can Wang, "An analysis of the driving forces of CO2 emissions embodied in Japan-China trade", Energy Policy, Vol. 38, pp. 6784-6792, (2010)

DU H., Guo J., Mao G., Smith A. M., Wang X., Wang Y., "CO2 emissions embodied in China-US trade: input-output analysis based on the emergy/dollar ratio" Energy Policy, Vol. 39, pp. 5980-5987, (2011).

ESKELAND, G et Harrison, A., "moving to greener pastures? Multinationals and The Pollution Haven Hypothesis". Public Economics Division, Policy Research Department. World Bank, Washington D.C. (1997)

ESKELAND, G.S. et A.E. Harrison (2003). Moving to Greener Pasture? Multinationals and the Pollution Haven Hypothesis. *Journal of Development Economics* 70(1): 1-23.

FINK Meike, Célia Gautier "Les émissions importées le passager clandestin du commerce mondial" Réseau Action Climat France (RAC-F), (2013)

FRIEDL, B. et M. Getzner (2003). Determinants of CO2 emissions in a small open economy, Ecological Economics, 45(1): 133-148.

GALE, L.R. et J.A. Mendez (1998). The empirical relationship between trade, growth and the environment. *International Review of Economics and Finance* 7(1): 53-61.

GALE L.R. et Mendez J.A.,"A note on the relationship between trade, growth, and the environment", International Review of Economics and Finance, Vol. 7, pp. 53-61, (1998)

GIEC, "Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre" Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat, WMO, UNEP, (2006)

GRETHER, J. M. et J. de Melo (1995). Commerce, environnement et relations Nord-sud: les enjeux et quelques tendances récentes. *Revue d'économie de développement* 1995(4) : 69-102.

GROSSMAN, G. et A. Krueger (1991). *Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement*. NBER, Working Paper No. 3914, Cambridge, MA.

GROSSMAN, G. et A. Krueger (1994). *Economic Growth and The Environment*, NBER, Working Paper No. 4634.

GUO Jie, Le-Le Zou, Yi-Ming Wei, "Impact of inter-sectoral trade on national and global CO_2 emissions: An empirical analysis of China and US", Energy Policy, Vol. 38, No. 3, pp. 1389–1397, (2010)

HE J., J. Fu, "Carbon leakage in China's manufacturing trade: An empirical analysis based on the carbon embodied in trade", The Journal of international Trade & Economic Development: An international and Comparative review, DOI:10.1080/09638199.2012.713389, (sous presse)

HE Jie, "Pollution haven hypothesis and environmental impacts of foreign direct investment: The case of industrial emission of sulfur dioxide (SO2) in Chinese provinces", Ecological economics, Vol. 60, pp. 228–245, (2006)

HE Jie, "What is the role of openness for China's aggregate industrial SO2 emission?: A structural analysis based on the Divisia decomposition method", Ecological Economics, Vol. 69, pp. 868-886, (2010)

HETTIGE, H., R. E. B. Lucas et D. Wheeler (1992). The Toxic Intensity of Industrial Production: Global Patterns, Trends, and Trade Policy. *American Economic Review* 82(2): 478-481.

GIEC (2006). Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 2 Énergie. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, WMO et UNEP.

http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/2_Volume2/V2_0_Cover.pdf

LENZEN, M., L.-L. Pade, and J. Munksgaard, "CO_2 multipliers in multi-region input–output models", Economic Systems Research, Vol 16, pp 391–412, (2004)

LEONTIEF W., Ford D., "Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach", Review of Economics and Statistics, Vol. 52, No. 3, pp. 262-271, (1970)

LI You, C.N. Hewitt, "The effect of trade between China and the UK on national and global carbon dioxide emissions", Energy Policy, Vol. 36, pp. 1907-1914, (2008)

LI, H., P.D. Zhang, C. He, and G. Wang, "Evaluating the effects of embodied energy in international trade on ecological footprint in China", Ecological Economics, Vol 62, pp 136–48, (2007)

LIU H., Y. Xi, J. Guo, X. Li, "Energy embodied in the international trade of China: An energy input-output analysis", Energy Policy, Vol. 38, pp. 3957-3964, (2010)

LOW, P. et Yeats. A. (1992). Do dirty industries migrate? In P. Low (ed.) International Trade and the Environment. The World Bank, Washington, DC, 89-104.

PAN J., J. Phillips, Y. Chen, "China's balance of emissions embodied in trade: approaches to measurement and allocating international responsibility", Oxford Review of Economic Policy, Vol. 24, No. 2, pp. 354-376, (2008)

PETERS G.P., Minx J.C., Weber C.L., Edenhofer O., "Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008", Harvard University, Cambridge, MA, (2011)

PETERS Glen P., "From production-based to consumption-based national emission inventories", Ecological Economics, Vol. 65, pp. 13-23, (2008)

PETERS GP, Hertwich EG., "CO2 embodied in international trade with implications for global climate policy" *Environ Sci Technol*, Vol. 42, pp 1401–1407, (2008)

REINVANG R. and P. Glen, "Norwegian Consumption, Chinese pollution. An example of how OECD imports generate CO2 emissions in developing countries" WWF Norway, WWF China Programme Office, Norwegian University of Science and Technology, (2008)

ROBINSON, H. D. (1988). Industrial pollution abatement: the impact of balance of trade. Canadian Journal of Economics, 21:187-199.

SHUI Bin, Robert C. Harriss, "The role of CO2 embodiment in US-China trade", Energy Policy, Vol. 34, pp. 4063-4068, (2006)

SU Bin, B.W. Ang, "Multi-region input-output analysis of CO2 emissions embodied in trade: The feedback effects", Ecological Economics, Vol. 71, pp. 42-53, (2011)

TEMURSHOEV Umed, "Pollution Haven Hypothesis or Factor Endowment Hypothesis: Theory and Empirical Examination for the US and China," CERGE-EI Working Papers 292, The Center for Economic Research and Graduate Education - Economic Institute, Prague (2006)

WEBER, C.L., G.P. Peters, D. Guan, and K. Hubacek, "The contribution of Chinese exports to climate change". Energy Policy, Vol. 36, pp 3572–77, (2008)

XING, Y. et C.D. Kolstad, 2002. Do Lax Environmental Regulations Attract Foreign Investment? Environmental and Resource Economics, 22: 1-22.

Annexe sur les doubles comptages

1.1 Données de l'étude

Plan : i) les données françaises, ii) Données chinoises, iii) TES, iv) Commerce international, v) Combustibles utilisés, vi) Tables de correspondances, vii) Classification, viii) Doubles comptables.

i- Données françaises

Agence	Service des études statistiques industrielles (SESSI)
Titre	Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie
Classification	NES114[5]
Correspondance avec STAN	Très bonne. NES114 > NAF[6] > NACE[7] > CITI rev 3 > STAN.
Couverture	114 secteurs, de 1996 - 2007
Source	http://www.industrie.gouv.fr/sessi/enquetes/eacei/eacei.htm

Agence	Institut National des Statistiques et Études Économiques
Titre	Enquête sur les consommations d'énergie dans l'industrie / EACEI
Classification	Nomenclature Économique de Synthèse en 114 postes (NES114)
Correspondance avec STAN	Très bonne. (NES114 > NAF > NACE > CITI[8] rev 3 > STAN[9])
Couverture	114 secteurs, de 1996 - 2007
Source	http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=sources/ope-enq-conso-energie-industrie-eacei.htm

Agence	Agence Internationale de l'Energie
Titre	Energy Balances of OCDE countries on-line data service, 2011 edition, IEA
Classification	CITI rev 4
Correspondance avec STAN	Moyenne (Doubles comptages dans la partie viii). (CITI rev 4 > CITI rev 3.1 > CITI rev 3 > STAN)
Couverture	54 secteurs, de 1996 - 2009
Source	http://wds.iea.org/WDS/Common/Login/login.aspx

ii- Données chinoises

Agence	National Bureau of Statistcs Of China
Titre	Consommation d'énergie par secteur dans l'industrie
Classification	CITI rev 3
Correspondance avec STAN	Très bonne jusqu'en 2003. (CITI rev 3 > STAN)
Couverture	50 secteurs, de 1991 - 2008
Source	http://www.stats.gov.cn

[5] Nomenclature Économique de Synthèse en 114 postes
[6] Nomenclature des Activités Françaises
[7] Nomenclature des Activités des Communautés Européennes
[8] Classification International Type par Industrie révision X
[9] STructral ANalysis

Agence	UC berkeley, Laurence center
Titre	China Statistical Yearbook 7.0
Classification	CITI rev 3
Correspondance avec STAN	Très bonne, jusqu'en 2003. (CITI rev 3 > STAN)
Couverture	35 secteurs, de 1991 - 2006
Source	http://china.lbl.gov/

Titre	Agence Internationale de l'Energie Energy Balances of OCDE countries on-line data service, 2011 edition, IEA
Classification	CITI rev 4
Correspondance avec STAN	Moyenne (Doubles comptages dans la partie viii). (CITI rev 4 > CITI rev 3.1 > CITI rev 3 > STAN)
Couverture	54 secteurs, de 1996 - 2009
Source	http://wds.iea.org/WDS/Common/Login/login.aspx

iii- TES

Les TES sont obtenus via le site de l'OCDE, ils sont calculées par tranche de 5 ans, pour les années 1995, 2000, et 2005. Nous avons donc construit des TES virtuels pour les années intermédiaires. Le tableau suivant présente la méthode de création des années intermédiaires.

Année	Formule[10]
1995	
1996	$(1996)_{ij} = 80\%(1995)_{ij} \times 20\%(2000)_{ij}$
1997	$(1997)_{ij} = 60\%(1995)_{ij} \times 40\%(2000)_{ij}$
1998	$(1998)_{ij} = 40\%(1995)_{ij} \times 60\%(2000)_{ij}$
1999	$(1999)_{ij} = 20\%(1995)_{ij} \times 80\%(2000)_{ij}$
2000	
2001	$(2001)_{ij} = 80\%(2000)_{ij} \times 20\%(2005)_{ij}$
2002	$(2002)_{ij} = 60\%(2000)_{ij} \times 40\%(2005)_{ij}$
2003	$(2003)_{ij} = 40\%(2000)_{ij} \times 60\%(2005)_{ij}$

Tableau 2, Construction des matrices Input-Output

iv - Commerce bilatéral

Concernant le commerce bilatéral, les données utilisées sont : L'exportation de produits chinois vers la France et l'exportation de produits français vers la Chine. Choisir les données d'exportations et non d'importation nous permet d'éviter de prendre en compte les frais de port, de douane, les pertes, et autres biais économiques (Antweiler *et al* 2001). Notons que toutes les données sont en USD courants, ce qui ne règle pas les problèmes d'inflation que nous devrons traiter ultérieurement.

v- Combustibles utilisés

[10] (XXX)ij représente la case de matrice Input Output de l'année XXX ligne i, colonne j.

Nom du combustible	Pays référant l'utilisation	Teneur en carbone[11]	Taux d'oxydation[12]
Charbon brut	Chine - France	26,8	98%
Charbon propre	Chine	26,8	98%
Charbon lavé	Chine	26,8	98%
Coke	Chine - France	29,2	100%
Gaz de four à coke	Chine	12,1	100%
Gaz de four à charbon	Chine	29,2	100%
Autres produits de la cokéfaction	Chine	29,2	100%
Pétrole brut	Chine - France	20	99%
Essence	Chine	18,9	99%
Kérosène	Chine	19,5	99%
Diesel	Chine	20,2	99%
Fioul	Chine - France	21,1	99%
Gaz de pétrole liquéfiés (GPL)	Chine	17,2	99,5%
Gaz de raffinerie	Chine - France	15,7	99,5%
Autres produits pétroliers	Chine - France	20	99%
Gaz naturel	Chine - France	15,3	99,5%
Butane-Propane	France	15,3	99,5%
Fioul Lourd	France	21,1	99%

vi- Tables de correspondances

Les bases de données ainsi extraites doivent enfin correspondre entre elles. Pour cela nous avons pris pour base la classification STAN de l'OCDE dans laquelle nos plus importantes sources de données sont classifiées. Nous exposons dans la suite la classification de chaque base de données en utilisant les tables de correspondances suivantes :

- Guide d'utilisation des nomenclatures d'activités et de produits

http://www.insee.fr/fr/methodes/nomenclatures/naf2003/pdf/guide.pdf

- Classification de l'OCDE STAN

www.oecd.org/sti/stan-fr/

- Classification de l'Agence Internationale de l'énergie (AIE)

http://wds.iea.org/wds/pdf/documentation_OECDBAL_2011.pdf

- Correspondances CITI rev 4 vers CITI rev 3.1 vers CITI rev 3

http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regot.asp?Lg=1

- Table de correspondance NES > NAF Rev 1

http://www.pme.gouv.fr/economie/artisanat/Correspondance.pdf

- Table de correspondance NAF Rev 1 > NACE Rev 1 > CITI Rev 3

http://www.insee.fr/fr/methodes/nomenclatures/naf2003/pdf/CITI_NACE_NAFrev1_2003.pdf

[11] GIEC (2006)
[12] Idem

vii- Classification des secteurs

Données de l'OCDE.

Description classification OCDE STAN	CODE CITI Rev3	CODE MEMOIRE
Agriculture, chasse, sylviculture et pêche	01-05	1
Activités extractives	10-14	2
Produit alimentaires, boissons et tabac	15-16	3
Textiles, articles d'habillement, cuir et chaussures	17-19	4
Production de bois, articles en bois et liège	20	5
Pâtes et papiers, articles en papier, imprimera et édition	21-22	6
Cokéfaction prod. pétroliers et combustibles nucléaires	23	7
Produits chimiques	24	8
Articles en caoutchouc et matières plastiques	25	9
Autres produits minéraux non métalliques	26	10
Produits métallurgiques de base	27	11
Fabrication d'ouvrages en métaux	28	12
Machines et matériel N.C.A[13].	29	13
Machines de bureau, comptables, informatiques	30	14
Machines et appareils électriques N.C.A	31	15
Appareils de radio, télévision et communication	32	16
Instr. médicaux, de précision, d'optique et d'horlogerie	33	17
Matériel de transport	34-35	18
Industries manufacturières N.C.A. et récupération	36-37	19
Construction	45	20
Commerce de gros et détail, restaurant et hôtels	50-55	
Transports, entreposage et communication	60-64	
Finance, assurance, immobilier et service aux entreprises	65-74	
Services collectifs sociaux et personnels	75-99	
Electricité, gaz et eau	40-41	21

Données françaises.

Description classification France NES/AIE	CODE NES	CODE CITI rev 4	CODE CITI rev 3	CODE MEM.
Agriculture/foresterie (AIE)		01-02	01 à 02	1
Fishing (AIE)		03	01 à 05	
Extraction de minerais métalliques	F11		13	2
Autres industries extractives	F12		14	
Lignite, tourbe, houille	G11		10	
Extraction pétrole	G12		11	
Extraction Uranium	G13		12	
Food and Tabacco (AIE)		10-12	15 à 16	3
Filature et tissage	F21		17.1 17.2 17.3	4

[13] NCA : Non classé ailleurs

Fabrication de produits textiles	F22		17.4 17.5	
Fabrication d'étoffes et d'articles à maille	F23		17.6 17.7	
Industrie de l'habillement et des fourrures	C11		18	
Industrie du cuir et de la chaussure	C12		19	
Travail du bois et fabrication d'articles en bois	F31		20	5
Fabrication de pâte à papier, de papier et de carton	F32		21.1	6
Fabrication d'articles en papier ou en carton	F33		21.2	
Edition, imprimerie, reproduction	C20		22	
Raffinage de pétrole	G15		23.1	7
Cokéfaction et industrie nucléaire	G14		23.2	
Industrie chimique minérale	F41		24.1	8
Industrie chimique organique	F42		24.1	
Parachimie	F43		24.2 24.3 24.6	
Fabrication de fibres artificielles ou synthétiques	F44		24.7	
Industrie pharmaceutique	C31		24.4	
Fabrication de savons, de parfums et de produits d'entretien	C32		24.5	
Industrie du caoutchouc	F45		25.1	9
Transformation des matières plastiques	F46		25.2	
Fabrication de verre et d'articles en verre	F13		26.1	10
Fabrication de produits céramiques et de matériaux de construction	F14		26.2 à 26.8	
Sidérurgie et 1ère transformation de l'acier	F51		27.1 27.2 27.3	11
Production de métaux non ferreux	F52		27.4	
Fonderie	F53		27.5	
Services industriels du travail des métaux	F54		28.4 28.5	12
Fabrication de produits métalliques	F55		28.6 28.7	
Fabrication d'éléments en métal pour la construction	E21		28.1	
Chaudronnerie, fabrication de réservoirs métalliques et de chaudières	E22		28.2 28.3	
Fabrication d'équipements mécaniques	E23		29.1	13
Fabrication de machines d'usage général	E24		29.2	
Fabrication de machines agricoles	E25		29.3	
Fabrication de machines-outils	E26		29.4	
Fabrication d'autres machines d'usage spécifique	E27		29.5	
Fabrication d'armes et de munitions	E28		29.6	
Fabrication d'appareils domestiques	C44		29.7	
Fabrication de machines de bureau, de matériel informatique	E31		30	14
Fabrication de moteurs, génératrices et transformateurs électriques	E32		31.1	15
Fabrication de matériel électrique	F61		31.2 à 31.6	
Fabrication d'appareils d'émission et de transmission	E33		32.2	16

Fabrication d'appareils de réception, enregistrement, reproduction	C45		32.3	
Fabrication de composants électroniques	F62		32.1	
Fabrication de matériel médicochirurgical et d'orthopédie	E34		33.1	17
Fabrication de matériel de mesure et de contrôle	E35		33.2	
Fabrication de matériel optique et photographique, horlogerie	C46		33.4 33.5	
Construction automobile	D01		34.1 34.2	18
Fabrication d'équipements automobiles	D02		34.3	
Construction navale	E11		35.1	
Construction de matériel ferroviaire roulant	E12		35.2	
Construction aéronautique et spatiale	E13		35.3	
Fabrication de cycles, motocycles, matériel de transport	E14		35.4 35.5	
Fabrication de meubles	C41		36.1	19
Bijouterie et fabrication d'instruments de musique	C42		36.2	
Fabrication d'articles de sport, de jeux et industries diverses	C43		36.4 à 36.6	
Construction (AIE)		41-43	45	20
Transports (AIE)		49-51	60 à 62	
Commercial and public service (AIE)		33	Voir annexe 3.1.F pour la liste[1]	
		36-39	41, 90, 23.30, 24.12[14], 37.10, 45.10[1]	
		45-47	50-52	
		52	6010[1], 63, 50.20	
		53	64	
		55-56	55	
		58-66	72, 92, 64, 74, 65, 66, 67	
		68-75	70, 75, 74, 73, 92, 63, 85	
		77-82	71, 65, 74, 92, 63, 64, 75, 52	
		84 (Excluding Class 84.22	75 (Excluding 75.22)	
		85-88	80, 92, 93, 74, 85, 75	
		90-96	92, 75, 91, 65, 72, 52, 93	
		99	99	
Energy industry own use (AIE)		05, 06, 19, 35	10.10, 10.20, 11.10, 23.10, 23.20, 24.11, 40, 15.49[15]	21

[14] Classes dont une ou plusieurs activités économiques ont été double comptées (Pour plus de détail, se référer à l'annexe 3.1.F).
[15] Classes dont une ou plusieurs activités économiques ont été double comptées (Pour plus de détail, se référer à l'annexe 3.1.F).

Données chinoises.

Description classification Chine CITI rev 3	CODE MEMOIRE
Farming, Forestry, Animal Husbandry, Fisherty and Water conservation	1
Mining total	2
Food, Beverage and tobacco processing	3
Textiles	4
Garments and Other Fiber products	
Leather, Furs, Down and Related Products	
Timber Processing, Bamboo, Cane, Palm Fiber and Straw Products	5
Paper-Making and Paper Products,	6
Printing and Record processing	
Petroleum Processing and Coking Products	7
Chemicals and Allied Products,	8
Chemical and Pharmaceutical Products,	
Chemical Fibres	
Rubber Products,	9
Plastics Products	
Building Materials and Other Non-Metal Mineral Products	10
Smelting and Pressing of Ferrous Metals,	11
Smelting and Pressing of non-Ferrous Metals	
Metal Products	12
Ordinary Machine Manufacturing	13
Special Purpose Equipment Manufacturing	14
Electric Equipment and Machinery	15
Electric and Telecommunications	16
Instruments, Meters, Cultural and Official Machinery	17
Transporation Equipment Manufactuing	18
Cultural, Educational and Sports Articles	19
Furniture Manufacture	
Other Manufacturing	
Construction	20
Transportation, storage, Postal and Telecommunication Service	
Commerce, Food Services, Material Supply and Marketing	
Non-material Production sectors	
Electric Power, Steam, and Hot Water Production & Supply	21
Gas Production & Supply	
Tap Water Production & Supply	

viii- Liste des doubles comptages français

Note explicative : Le double comptage de certaines activités n'a pas pu être évité dans l'étude, il est dû aux différences existantes entre les classifications CITI rev 4 de l'AIE, et la classification classique CITI rev 3. Dans un souci de transparence nous avons procédé à un relevé systématique de l'ensemble des secteurs doubles comptés. L'annexe 3.1.F se lira de cette manière : Le premier chiffre de la hiérarchie de la classification est appelé **section**, le second **division**, le troisième réfère au **groupe**, et enfin le quatrième chiffre est la **classe** d'industrie. A l'intérieur de chaque classe réside un certain nombre d'activités économiques (Plusieurs

dizaines en moyenne). Nos doubles comptages portent essentiellement sur des activités économiques spécifiques à l'intérieur d'une classe.

Notons que les activités doubles comptées sont marginales dans la comptabilisation de l'énergie utilisée par l'industrie. Par exemple la production de composte, ou l'aiguillage ferroviaire, n'émettent pas de CO_2. L'enlèvement des mines est une activité marginale dans l'économie Française qui ne nécessite pas l'utilisation d'énergie. Quant aux activités de réparation elles sont essentiellement des activités de main d'œuvre, elles n'usent donc que très peu d'énergie.

En ce qui concerne les données du secteur de l'énergie Française, extraites de la base de l'AIE. Nous avons soustrait les données NES G15 et G14 des données de l'AIE afin de supprimer les doubles comptages sur les groupes 23.10 et 23.20 du secteur 21. Le secteur énergie devient ainsi compatible avec la classification du mémoire.

Nous avons donc relevé 4 activités et une division double comptés :

- Classe 1549 (CITI rev 3), Manufacture of other food products nec, activité de "**production de glace pour les besoins alimentaires"** consommations énergétiques comptées deux fois, dans les codes 21 et 3 du mémoire

- Classe 2412 (CITI rev 3), Manufacture des fertilisants et produits au nitrogène, activités de **"production de compostes organics"** consommations énergétiques comptées deux fois, dans les codes 8 et 20 du mémoire.

- Classe 4510 (CITI rev 3), Préparation des sites de construction, activités **"d'enlèvement de mines"** consommations énergétiques comptées deux fois, dans le code 20 du mémoire

- Classe 6010 (CITI rev 3) Transport via railways, activités **"d'aiguillage ferroviaires"** consommations énergétiques comptées deux fois, dans le code 20 du mémoire.

- Division 33 (CITI rev 4) **"réparation et installation d'équipement",** consommations énergétiques comptées deux fois. (Voir tableau ci-dessous pour une liste complète des activités double comptée de la division 33)

Classe CITI rev 3	Titre activités double comptées (En anglais)
2811	Repair of structural metal products
2812	Repair of tanks, reservoirs and containers of metal
2813	Repair of steam generators
2892	Welding repair
2893	Repair of hand tools and general hardware
2899	Repair of fabricated metal products
2927	Repair of weapons
2929	Repair of moulding boxes and moulds (except ingot moulds)
3420	Repair and maintenance of containers
2911	Repair of engines and turbines (except aircraft, vehicle and cycle)
2912	Repair of pumps, compressors, taps and valves
2913	Repair of bearings, gears, gearing and driving elements
2914	Repair of ovens, furnaces and furnace burners
2915	Repair of lifting and handling equipment (except lifts and escalators)
2919	Repair of other general-purpose machinery
2921	Repair of agricultural and forestry machinery
2922	Repair of machine tools, except electrical welding and soldering equipment
2923	Repair of machinery for metallurgy
2924	Repair of machinery for mining and construction
2925	Repair of machinery for food, beverage and tobacco processing
2926	Repair of machinery for textile, apparel and leather production
2929	Repair of other special purpose machinery (except ultrasonic cleaning machines)
3110	Repair of turbine-generator sets
3230	Repair of dictating machines
3599	Repair of hand trucks and wheelbarrows
3694	Repair of automatic bowling alley equipment
3699	Repair of roundabouts, swings, shooting galleries and other fairground amusements
7250	Repair of office machinery and equipment, except computers and peripheral equipment
3190	Repair of pulse generators
3220	Repair of GPS equipment
3230	Repair of digital cameras
3311	Repair of electro-diagnostic apparatus, X-ray and similar apparatus, irradiation apparatus and tubes (medical and other), hearing aids, pace makers, mirrors, reflectors
3312	Repair of measuring, testing, navigating and control equipment
3313	Repair of industrial process control equipment
3320	Repair of optical instruments and photographic equipment (except household goods)
5260	Repair of cameras (except digital cameras)
2520	Repair of plastic non current carrying wiring devices (junction boxes, face plates etc.)
2922	Repair of electric welding, brazing or soldering equipment
2929	Repair of ultrasonic cleaning machines (except laboratory and dental)
3110	Repair of electric motors, generators and transformers, battery chargers etc.
3120	Repair of electricity distribution and control apparatus
3130	Repair of electric and electronic wires and cables (except computer cables etc.)
3140	Repair of accumulators etc.
3150	Repair of electric lighting equipment
3190	Repair of other electrical equipment
3210	Repair of solid-state fuel cells, power supplies; non-electronic electric components, such as non-electronic capacitors, resistors etc. (e.g. power capacitors)
3511	Repair and maintenance of ships

3512	Repair and maintenance of pleasure boats
3520	Repair of railway cars etc.
3530	Repair and maintenance of aircraft
3599	Repair of animal-drawn vehicles
6303	Maintenance and minor repair of rolling stock
1721	Repair of canvas products, tarpaulin, fertilizer and chemical storage bags
1723	Repair of ropes, fishing nets, including mending
2023	Repair or reconditioning of wooden pallets, shipping drums or barrels, and similar items
2029	Repair of other wood products, except household goods (e.g. wooden spools and similar parts of textile machinery)
2519	Repair of rubber products (except tyres)
2520	Repair of plastic products
2610	Repair of glass and glass products
2699	Repair of millstones, grindstones, polishing stones etc.
3311	Repair of orthopedic and prosthetic devices, gas masks
3312	Repair of laboratory sterilizers and laboratory type distilling apparatus
3330	Repair of parking meters, time clocks, time/date stamps, time locks, and similar timing devices
3692	Restoring of organs and other historical musical instruments
3694	Repair of pinball machines and other coin-operated games
2813	Installation of steam generators, nuclear reactors
2911	Installation of engines and turbines
2912	Installation of industrial machinery-type pumps
2914	Installation of ovens and furnaces
2915	Installation of lifting and handling equipment
2919	Installation of other general-purpose machinery
2921	Installation of agricultural machinery
2922	Installation of machine tools (e.g. hydraulic presses, draw-benches)
2923	Installation of machinery for metallurgy
2924	Installation of machinery for mining and construction (e.g. continuous action elevators, tunneling machines)
2925	Installation of machinery for food beverage and tobacco processing
2926	Installation of machinery for textile, apparel and leather production
2929	Installation of other special purpose machinery
3000	Installation of mainframes and similar computers, other office machinery
3110	Installation of electric motors, generators and transformers
3220	Installation of communication equipment
3311	Installation of X-ray machines etc.
3313	Installation of industrial process control equipment
4540	Installation of bowling alley equipment

"Sur quoi la fondera-t-il l'économie du monde qu'il veut gouverner? Sera-ce sur le caprice de chaque particulier? Quelle confusion! Sera-ce sur la justice? Il l'ignore."

Pascal

FERDI

Créée en 2003, la **Fondation pour les études et recherches sur le développement international** vise à favoriser la compréhension du développement économique international et des politiques qui l'influencent.

Contact
www.ferdi.fr
contact@ferdi.fr
+33 (0)4 73 17 75 30