

Université d'Auvergne Clermont 1
Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
Centre d'Etudes et de Recherches sur le Développement International (CERDI)
Institut de Recherches sur l'Economie Chinoise (IDREC)

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'INDUSTRIALISATION ET DU COMMERCE INTERNATIONAL EN CHINE : CAS DE L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO₂

Thèse pour le Doctorat ès Sciences Economiques
Présentée et soutenue publiquement le 7 décembre 2005

par

JIE HE

Membres du jury :

M. Patrick GUILLAUMONT (Directeur de thèse)	Professeur à l'Université d'Auvergne Clermont 1, CERDI
M. Alain de JANVRY (Co-directeur de thèse)	Professeur à l'Université de Californie à Berkeley
M. Jaime de MELO (Rapporteur)	Professeur à l'Université de Genève
M. Hua WANG. (Rapporteur)	Senior Environmental Economist de la Banque Mondiale
Mme Pascale COMBES MOTEL	Professeur à l'Université d'Auvergne Clermont 1, CERDI
Mme Marie-Françoise RENARD	Professeur à l'Université d'Auvergne Clermont 1, CERDI-IDREC

L'Université d'Auvergne Clermont I n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

Nous n'héritons pas de la terre de nos
ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants.

Antoine de Saint-Exupéry

Remerciements

La réalisation de cette thèse, du choix de son thème jusqu'à sa mise en page, aura duré près de 4 années. Ce fut une expérience incroyablement riche et stimulante. Elle ne m'a pas seulement permis d'accumuler des techniques de recherche et d'élargir mes champs d'analyse, mais elle m'a aussi offert la possibilité de mieux connaître mes forces et mes faiblesses et de révéler mes préférences dans l'orientation de ma future carrière.

Cependant, sans les aides précieuses de nombreuses personnes, cette thèse n'aurait pas pu être achevée.

Mes remerciements vont tout d'abord à mon directeur de thèse, le Professeur Patrick Guillaumont. En tant que la première personne m'ayant suggéré de choisir l'économie de l'environnement comme domaine de recherche, ses points de vue et ses commentaires pertinents sur de nombreux sujets du développement m'ont largement permis d'enrichir mes recherches. Je voudrais le remercier d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse ainsi que pour ses encouragements continus tout au long de mes 4 années de thèse.

Mes remerciements vont aussi à mon co-directeur de thèse, le Professeur Alain de Janvry de l'Université de Californie à Berkeley. Ses conseils brillants sur plusieurs idées de cette thèse et sur la façon d'organiser efficacement le travail de chercheur m'ont permis de bien avancer dans cette thèse. Les inspirations provenant de certaines conversations avec lui m'ont aussi aidé à approfondir les perspectives analytiques de certains chapitres et à les faire publier. Je voudrais également remercier Madame Elisabeth Sadoulet de Université de Californie à Berkeley pour sa disponibilité et ses conseils pertinents.

Un remerciement spécial est adressé au Professeur David Roland-Holst du Mills College et de l'Université de Californie à Berkeley pour le généreux partage de son modèle prototype pour la Chine, de la SAM de la Chine et pour ses conseils instructifs. Son assistance aura été un facteur essentiel dans mon apprentissage de la technique de modélisation. Grâce à son aide, le travail de recherche du Chapitre 8 a pu être financé par le « Doctoral Fieldwork Award » du EEPSEA (Economic and Environmental Program of South-East Asia) du CRDI (Centre de Recherche sur Développement International) au Canada et aussi publié.

Je voudrais aussi remercier le Professeur Jaime de Melo de l'Université de Genève. En tant qu'une étudiante à l'origine spécialisée dans l'économie internationale, j'ai souvent trouvé ses points de vue sur des questions économiques très stimulants pour mes propres recherches. Je le remercie pour son intérêt accordé aux progrès de mes recherches et pour sa disponibilité.

Un autre « remerciement » spécial est adressé au Docteur Hua Wang, Senior Environmental Economist à la Banque Mondiale. En tant que mon premier collaborateur professionnel, ses connaissances approfondies sur des problèmes environnementaux chinois et ses idées qui contribuent de façon continue au développement de la méthode de l'évaluation contingente m'inspirent et m'indiquent une voie potentielle pour l'orientation de ma recherche future.

Je doit aussi beaucoup aux nombreux professeurs et chercheurs du CERDI : Professeur Jean-Louis Arcand, Directrice Martine Audibert, Docteur Jean-François Brun, Docteur Stephen Calipel, Professeur Jean-Louis Combes, Professeur Pascale Combes-Motel, Docteur Sylvie Démurger, Professeur Sylviane Guillaumont Jeanneney, Docteur Ping Hua, Professeur Jacky

Mathonnat, Professeur Patrick Plane et Professeur Marie-Françoise Renard. Non seulement ils m'ont révélé différents aspects très intéressants de l'économie du développement et montré de nombreuses techniques d'analyses dans leurs cours soigneusement préparés, mais ils ont aussi dépensé leurs temps précieux pour lire, commenter mes papiers et répondre à mes questions.

J'adresse également mes remerciements aux participants des nombreux colloques et conférences auxquelles j'ai participé, pour leurs conseils et leurs suggestions constructifs. Je pense ici tout spécialement au Professeur Ian Coxhead de l'Université de Wisconsin à Madison pour sa patience et ses critiques sur à mes trois versions du rapport technique préparées pour le projet financé par l'EEPSEA.

Je voudrais aussi remercier le programme « Teilhard de Chardin » du Ministère des Affaires Etrangères du Gouvernement français et l'EEPSEA/CRDI pour leurs supports financiers, ainsi que le CERDI qui m'a permis de participer à des nombreux colloques nationaux et internationaux.

J'exprime aussi toute ma gratitude à Monsieur Patrick Doger pour sa disponibilité et sa qualité d'organisation qui assurent les facilités nécessaires à nos études. Ma reconnaissance va aussi à Martine Bouchut, Jacqueline Reynard, Annie Cohade et à tous les autres personnels du CERDI. Grâce à leur gentillesse et à leur efficacité, mes 6 années d'études au CERDI auront toujours été agréables.

Je voudrais aussi remercier Yi Chen, Zelai Xu, Zhicheng Liang, Nong Zhu, Christophe Cottet et Florent Bresson pour leur gentillesse et leurs conseils.

Permettez-moi d'exprimer ma plus profonde gratitude à mes familles. Mes parents et grands-parents pour leurs dévouements désintéressés et leurs sacrifices consentis. La famille de mon mari, qui m'a accepté sans réserve comme un membre de leur famille.

Finalement, je voudrais remercier mon mari, Thomas Poder. Plus jeune que moi, sa maturité et sa force mentale ont été des supports indispensables à la longue marche que fut la préparation de cette thèse ; ce qui demande non seulement une bonne condition physique et intellectuelle mais aussi des forces constantes au niveau psychologique. Tant le temps qu'il a passé pour relire et corriger mes chapitres me fait souvent sentir profondément endettée envers lui.

Ouvrir une fois de plus cette thèse, se remémorer les mots et les phrases, qui au cours de ces 1500 jours et nuits auront été marqués de joie et de tristesses, de doutes et de décisions, de larmes et de rires, de dons et de recueils...Mille « merci » ne sauraient exprimer mes gratitudes en ce moment spécial. Veuillez donc me permettre d'utiliser cette chanson chinoise pour conclure mes remerciements.

奉献

长路奉献给远方,玫瑰奉献给爱情,我拿什么奉献给你,我的爱人
白云奉献给草场,江河奉献给海洋,我拿什么奉献给你,我的朋友
白鸽奉献给蓝天,星光奉献给长夜,我拿什么奉献给你,我的小孩
雨季奉献给大地,岁月奉献给季节,我拿什么奉献给你,我的爹娘

Donner

Longue route donnée à l'horizon, la rose donnée à l'amour, que puis-je te donner mon amour
Nuages données à la prairie, rivières données à l'océan, que puis-je vous donner mes amis
Colombes donnés au ciel bleu, étoiles données à la nuit, que puis-je vous donner mes enfants
Pluie donnée à la terre, temps donné aux saisons, que puis-je vous donner mes parents...

Résumé de Thèse

La Chine, pays le plus peuplé du monde, connaît depuis une quinzaine d'années des taux de croissance spectaculaires. Malheureusement, cette croissance a aussi été accompagnée d'une très forte dégradation de l'environnement et a positionné la Chine parmi les pays les plus pollués du monde, notamment au niveau de son atmosphère. Ainsi, le considérable succès que représente cette croissance économique, au point de vouloir présenter la Chine comme la prochaine première puissance économique mondiale, conduit à poser la question de sa soutenabilité. Nous postulons que la croissance actuelle de la Chine ne pourra être durable que dans la mesure où elle n'hypothèque pas celle de son futur.

Cette thèse se base sur le cas de l'émission industrielle de SO_2 – la pollution aérienne la plus importante en Chine. En analysant son évolution au cours des années 1990 et en se focalisant sur ses relations avec la croissance économique, l'industrialisation et l'ouverture commerciale – les trois caractères les plus évidents du développement économique chinois –, cette thèse vise à identifier la possibilité et les conditions nécessaires et suffisantes pour la Chine de réaliser un développement soutenable.

Après une revue de la littérature sur la Courbe de Kuznets Environnementale (CKE), nous commençons notre analyse par l'étude d'une CKE de forme réduite (Chap. 2), qui révèle une relation assez optimiste entre la croissance chinoise et l'émission industrielle de SO_2 par tête. Cependant, cette CKE « par tête » ne garantit pas un même retournement de trajectoire pour l'émission industrielle totale de SO_2 . Bien que notre analyse prédise ce retournement aux environs de 9000 yuan par tête (prix constants 1990) pour le cas de l'émission industrielle de SO_2 par tête, l'évolution de l'émission industrielle de SO_2 totale semble continuer à augmenter. Pour comprendre les raisons de cette tendance à la hausse de l'émission industrielle de SO_2 totale, nous menons deux analyses structurelles, dans lesquelles les variations de l'émission sont décomposées de façon paramétrique (Chap. 3) et non-paramétrique (la méthode de décomposition de l'indice de Divisia basée sur des données

détaillées de la production et de l'intensité d'émission de SO₂ de 13 secteurs industriels dans chaque province entre 1991 et 2002, Chap. 4) en contributions de ses trois déterminants structurels - effets d'échelle, de composition et de technique. Les résultats montrent que le revenu par tête fonctionne comme une variable omnibus qui capte les effets des trois déterminants structurels et révèle seulement un « effet net » de la croissance sur l'environnement. Le détail de nos analyses permet cependant de trouver les véritables raisons de cette tendance à la hausse de l'émission industrielle de SO₂. Cela serait principalement dû à une domination de l'effet d'échelle sur l'effet réducteur d'émission issu des progrès techniques, le tout combiné à une transformation de la composition industrielle exerçant un modeste impact à la hausse des émissions dans la plupart des provinces chinoises.

La seconde partie de cette thèse accroît ses efforts de décomposition en donnant une attention particulière au rôle déterminant du commerce international sur l'émission. Perçu par certains économistes pessimistes comme un canal à travers lequel les pays riches déchargeaient leurs fardeaux de pollution sur leurs partenaires commerciaux relativement plus pauvres (hypothèse de « havre de pollution »), le commerce international a ainsi souvent été considéré comme une explication statique de la formation d'une relation en U inversé entre le revenu et la pollution. Cependant, les trois analyses menées dans cette partie, en recherchant les différents canaux de transmission à travers lesquels le commerce affecte les trois déterminants structurels de l'émission, nous offrent pour la Chine des preuves très limitées en faveur de l'hypothèse de « havre de pollution ». Etant donné que l'avantage comparatif de la Chine basé sur sa dotation extrêmement riche en travail est beaucoup plus attractif que son avantage de « havre de pollution », la conclusion d'une analyse de style Antweiler, Copeland et Taylor (ACT, 2001) au Chapitre 5 nous montre que la libéralisation commerciale peut réduire les dangers d'une augmentation de pollution liée à l'effet de « havre de pollution » en guidant la transformation de la composition industrielle chinoise vers les secteurs intensifs en travail, souvent considérés comme moins polluants. Le rôle du commerce sur l'environnement n'est cependant pas aussi simple. Dans le Chapitre 6, en re-employant les résultats de la décomposition de Divisia du Chapitre 4, nous vérifions les impacts indirects du commerce (exportations et importations introduites de façon séparées) sur l'émission à travers les trois déterminants structurels. Cette analyse confirme l'impact significativement positif du commerce dans l'élargissement de l'échelle de production et sur les progrès techniques. Les analyses basées sur un système d'équations simultanées au Chapitre 7 nous permettent de combiner ces trois aspects des impacts indirects du commerce sur l'émission et d'inclure leurs interactions potentielles dans une même estimation. Les résultats révèlent que le rôle total des

exportations est positif pour l'environnement mais que celui des importations (mesurées par l'accumulation de machines et d'équipements importés) est négatif.

Dans le modèle en Equilibre Général Calculable (EGC) du Chapitre 8 (Partie 3), nous relierons directement les résultats de l'émission à la combustion des énergies dans les activités productives et incluons toutes les interactions entre les variables économiques et l'environnement dont nous avons pu discuter dans les chapitres précédents pour la spécification du modèle. Ce modèle nous offre l'opportunité de paramétrer et de simuler de multiples aspects des relations entre croissance, ouverture commerciale et émission. Les simulations basées sur ce modèle nous permettent d'obtenir des comparaisons numériques de l'ampleur des impacts environnementaux du commerce et de la croissance économique. La conclusion de ce chapitre montre que, sans une politique de contrôle de pollution plus efficace, la croissance économique chinoise devrait s'avérer très polluante et que l'accession à l'OMC devrait provoquer une hausse supplémentaire mais marginale de pollution.

En considérant les dangers potentiels de cette situation sur l'environnement chinois, nous décidons de rechercher dans le dernier chapitre de cette thèse (Chap. 9) l'effet de « feedback » potentiel de la pollution sur la capacité de croissance de l'économie chinoise. Les résultats confirment un effet négatif de l'émission de SO₂ sur la prévalence des maladies chroniques au sein de la population. Une fois dépassé le seuil de 8 g/m², une augmentation de 1g/m² de la densité de l'émission industrielle de SO₂ accroît la probabilité pour une personne représentative de souffrir de maladies chroniques de 0,25%. Cependant, si les progrès techniques réalisés dans les activités de contrôle de la pollution augmentent de façon continue dans le temps, nos résultats indiquent également une dynamique potentielle pouvant réduire de façon graduelle l'impact négatif de la pollution sur la santé avec la croissance économique.

En résumé, les analyses menées dans cette thèse présentent un certain nombre de défis à relever et d'opportunités à saisir pour que la Chine puisse poursuivre un chemin de développement qui soit soutenable. Etant donnée la tendance actuelle à la détérioration de son environnement, la capacité de la Chine à préserver une croissance soutenable dans le futur dépendra étroitement de l'adoption de progrès techniques (conditions suffisantes) et d'un fonctionnement efficace et plus strict des politiques de contrôle de pollution (conditions nécessaires), ainsi que d'une meilleure efficacité des systèmes institutionnels et de marché.

Introduction

“Nor is there much satisfaction in contemplating the world with nothing left to the spontaneous activity of nature; with every rood of land brought into cultivation, which is capable of growing food for human beings; every flowery waste or natural pasture ploughed up, all quadrupeds or birds which are not domesticated for man’s use exterminated as his rivals for good, every hedgerow or superfluous tree rooted out, and scarcely a place left where a wild shrub or flower could grow without being eradicated as a weed in the name of improved agriculture” (Mill, 1871, p.331).

0.1 Limites de l’analyse économique traditionnelle et de ses extensions et développements depuis les années soixante

“Le vingtième siècle aura été marquée par l’extraordinaire réussite de l’espèce humaine—peut-être un peu trop.”(World Watch Institute, 1984). Le système économique mondial, bénéficiant d’une industrialisation et d’un progrès technique sans précédent, a au cours du vingtième siècle multiplié par plus de vingt fois la taille de ses richesses. Grâce à ces développements, la qualité de vie a pu être considérablement améliorée pour une grande partie de la population. La prise journalière de calories par individu indique ainsi une tendance générale à la hausse à la fois dans les pays développés et en voie de développement. De même, la proportion de personnes en situation de pauvreté s’illustre par un déclin général au cours des cinquante dernières années. En un siècle, cet extraordinaire enrichissement matériel a catalysé une croissance démographique extrêmement rapide, faisant passer la population mondiale de un milliard d’individus à plus de six milliards. Les taux de mortalités ont connu une baisse spectaculaire, l’espérance de vie s’est accrue de plus de vingt ans en moyenne et la mortalité infantile a été réduite à moins de 60 pour 1000 naissances vivantes.¹

¹ Source de données: UNDP (2001, 1999, 1998a, 1998b), FAO (2001), Banque Mondiale (1999, 2001).

Les personnes vivant à notre époque devraient donc se sentir généralement plus heureuses que leurs ancêtres. Ce n'est cependant peut-être pas le cas. Les remarques faites par Sismondi il y a plus d'un siècle sur l'activité économique non restreinte de la révolution industrielle anglaise semblent ici être encore d'actualité pour décrire le phénomène "d'accroissement des revenus et de baisse du bonheur" qui caractérise le sentiment de trouble que partage un grand nombre de nos contemporains :

"In this astonishing country, which seems to be submitted to a great experiment for the instruction of the rest of the world, I have seen production increasing whilst enjoyments were diminishing. The mass of the nation here, no less than philosophers, seems to forget that the increase of wealth is not the end in political economy, but its instrument in procuring the happiness of all. I sought for this happiness in every class, and I could nowhere find it."
(Sismondi, 1847, pp205)

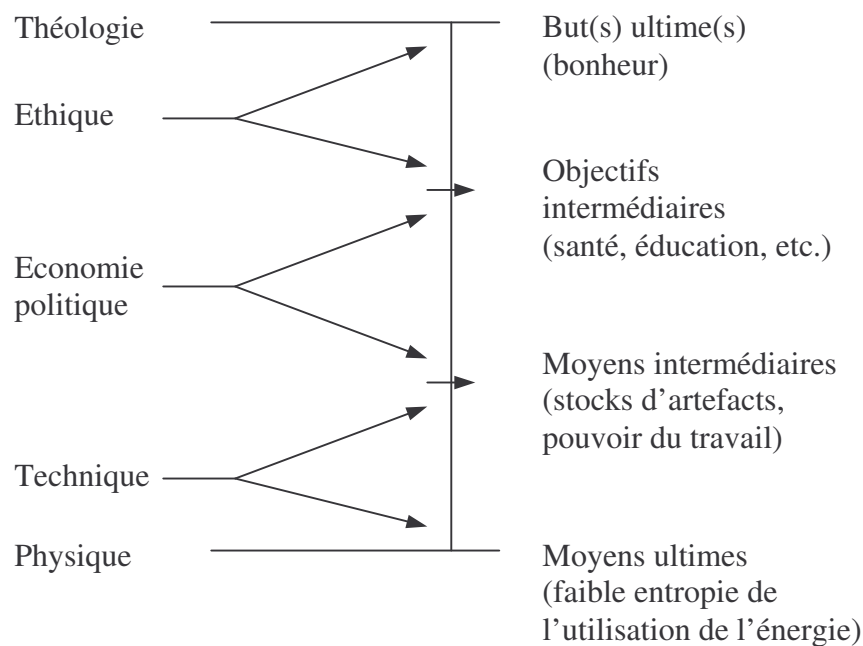
Pourquoi notre bonheur se réduit-il alors que nous devenons plus riche ? Pour expliquer ce phénomène, nous utilisons le schéma des « Ends-Means » de Daly et Townsend (1993). Les analyses économiques traditionnelles décrivent le processus économique comme la circulation de biens et de services entre différents agents économiques, producteurs, consommateurs, investisseurs, etc. Au cours de ce processus, le travail, le capital et les matières premières sont rassemblés pour produire des biens intermédiaires et des biens de consommation finals. Simultanément, un flux monétaire de sens opposé peut être observé pour chaque opération. Cependant, « les origines du travail et des biens primaires, aussi que la destination des produits finaux après les actes de consommation, restent toujours un mystère pour des modèles économiques traditionnels. » (Cole, 2000). De façon implicite, les analyses économiques traditionnelles égalisent ainsi la maximisation de la richesse matérielle à la maximisation du bonheur et font l'hypothèse que la croissance économique dépend uniquement de la disponibilité en différents moyens de productions, dont l'offre, la demande et les prix peuvent être obtenus par le système de marché. Une exception notable, consacrée par les économistes pré-classiques, est celle des 'Physiocrates', qui appréhendaient la « terre » à la fois comme un mystère et comme la source la plus importante de travail et de matières premières, et par conséquent comme l'explication finale de la croissance économique.

La contribution majeure de Daly et Townsend à ce débat est d'insérer l'activité économique dans un schéma intégral de « Ends-means (But-Moyen) » (Schéma 1), où « les buts ultimes sont ceux-ci qui font référence aux objectifs intermédiaires vers lesquels ils sont dirigés ». On dérive ainsi le bien-être à partir du but ultime et non pas « à partir de relations

instrumentales s'orientant vers d'autres buts ». En bas du Schéma 1, et à l'opposé du but ultime, nous avons les moyens ultimes, ce qui correspond à une faible entropie de l'utilisation de l'énergie.¹ Toutes les catégories intermédiaires sont ici soit des moyens d'atteindre le but ultime, soit des fins si elles sont en accord avec le but ultime. Pour Daly, « la production économique ultime de l'espèce humaine est d'utiliser sagement les moyens ultimes au service des buts ultimes » (Daly et Townsend, 1993, p.21). L'interprétation de Daly du schéma des « Ends-Means » doit nous montrer les deux principales sources du malheur humain. La première est notre aveuglement à toujours vouloir utiliser des objectifs intermédiaires pour mesurer notre bonheur. Le second vient de notre ignorance de la valeur hautement précieuse des moyens ultimes, qui sont actuellement des richesses fondamentales à la source de notre bonheur.

Schéma 0.1. Le schéma des « End-Means »

(Source : Daly et Townsend, 1993)



Le schéma des « Ends-Means » de Daly et Townsend révèle aussi les limites fondamentales de l'analyse économique traditionnelle, « qui choisit naturellement de ne pas traiter les ultimes ou les absolus qui se trouvent seulement aux extrémités, et qui suppose

¹ Le terme « entropie » vient de la loi d'entropie, aussi connue comme la Seconde Loi de la Thermodynamique de Georgescu-Reogen (1973). Selon Rees (1990), la signification de la Seconde Loi est que, « dans un système clos et isolé, l'énergie et la matière disponibles sont continûment et irrévocablement dégradées jusqu'à ne plus être disponibles ». Par conséquent, « le Second loi est actuellement l'ultime régulateur de l'activité économique ». Daly (1973) postule donc que l'entropie peut être considérée comme une mesure de l'énergie non disponible à l'intérieur d'un système thermodynamique fermé. Par exemple, si un morceau de charbon est disponible, alors nous pouvons dire que nous avons une faible entropie. A partir du moment où ce morceau de charbon est utilisé, l'énergie devient limitée et donc nous avons une forte entropie.

faussement que le gamme des pluralités, relativités ou substituabilités parmi les buts concurrent et le moyens limités sont respectifs de la totalité du spectre ». « Les limites absolues sont absentes du paradigme des économistes parce que les absolus ne se rencontrent qu'aux pôles extrêmes du spectre, qui sont exclus de leur centre d'intérêts » (Daly et Townsend, 1993, p.21).

Les développements en économie n'ont cependant pas été avares en efforts pour élargir le champ de vision et la frontière d'analyse vers ces deux extrêmes. En effet, le rapide essor de l'économie du développement peut être considéré comme le résultat des efforts des économistes pour comprendre comment se lient les objectifs intermédiaires et le(s) but(s) ultime(s). Selon PNUD (1995), « le développement est une forme de changement dans les processus sociaux et institutionnels qui élargit le nombre des élargir des options que les individus ont pour améliorer leur condition de vie et de déterminer leur futur », ce qui en retour peut faciliter l'obtention de plus de justice, de tolérance sociale, d'équité et finalement d'un plus grand bonheur. Dans le même temps, l'économie de l'environnement a aussi commencé à rechercher de quelle(s) façon(s) sont reliés les moyens intermédiaires et les moyens ultimes en regardant les circulations entre eux comme étant emboîtés à l'intérieur d'écosystèmes caractérisés par des flux et des stocks de ressources renouvelables et non-renouvelables. Ainsi, comme le disent Dasman et al. (1973), « tout développement économique prend place à l'intérieur d'écosystèmes naturels...bien que le développement amène des modifications à différents degrés, il reste toujours sujet aux limites écologiques de ces systèmes naturels ».

0.2. D'un nouveau concept d'équité : état de la recherche en économie de l'environnement et présentation

L'incapacité de l'analyse économique à intégrer la dimension environnementale est due à une non prise en compte de la valeur potentielle des ressources naturelles, de la qualité de l'environnement et des externalités causées par la perte de ressources naturelles et la qualité de l'environnement sur les capacités de croissance de l'économie. Par conséquent, les premiers développements en économie de l'environnement ont été ceux de l'internalisation de ces externalités environnementales. Il y a d'abord ce que l'on appelle l'approche traditionnelle qui applique toutes sortes de concepts économiques directement à l'environnement à travers un ensemble de modèles et de techniques ancrées dans le courant néoclassique traditionnel. Dans cette approche, la valeur donnée à l'environnement et aux ressources naturelles est celle d'un simple outil de la croissance économique : une source de matières premières, un

ensemble qui absorbe et recycle partiellement les déchets issus des activités productives et un élément permettant d'aider au rétablissement des forces de travail.¹ La seconde approche est écologique et considère une toute autre perspective. « Au lieu d'appliquer les concepts économiques à l'environnement, elle cherche à placer les activités économiques dans un système biologique et physique qui supporte toutes les activités humaines » (Harris, 2002). Sous cet angle, l'environnement et les ressources naturelles ont généralement une valeur intrinsèque plus élevée que dans la première approche. Maintenir leur niveau initial ne peut donc plus se résumer à un simple maintien des sources génératrices de croissance économique mais à une soutenabilité du système écologique dans son ensemble.

Au cours de la longue marche du développement des sociétés humaines, cette méconnaissance de la véritable valeur des ressources naturelles a malheureusement déjà conduit à une sur-utilisation de celles-ci dans les activités de production et de consommation. Cette situation s'est dégradée le plus au cours du 20^{ième} siècle avec le fort développement économique que l'on connaît. Au regard de la disparition rapide d'une grande partie des ressources non renouvelables et des dangers venant de l'irréversibilité des changements climatiques, de nombreux chercheurs ont ainsi exprimé leurs craintes au sujet de la soutenabilité de notre remarquable prospérité économique. Pour Boulding (1966), l'histoire de notre croissance économique est celle d'une économie de « cowboy », où les ressources naturelles ont été considérées avec aveuglement comme infinies. Dans cette économie, la mesure du succès est le volume de production, supposé être le résultat d'une maximisation de l'utilisation des ressources disponibles. A l'égard du danger que représente un accroissement continu de la production, à la fois en termes de réduction du stock de ressources finies et en termes de pollution de l'environnement, le style « cowboy » de notre croissance économique doit être perçu comme un système qui prive les générations futures de ce même droit à poursuivre leur propre croissance économique, leur développement social et leur bonheur. Du point de vue d'une plus grande équité, Boulding suggère ainsi de passer d'une économie de « cowboy » à celle de « spaceman » où la terre devient un « vaisseau spatial, sans aucunes réserves illimitées ».

The Limit to Growth (Meadows et al. 1972), titre donné au rapport du Club de Rome, va encore plus loin dans la dramatisation de ce qui nous attend. Dans ce rapport, en supposant que les mécanismes physiques, économiques et sociaux qui ont historiquement présidé au développement du système mondial restent inchangés, et sur la base d'une population et d'un capital industriel qui continueraient à croître de façon exponentielle en utilisant les mêmes

¹ Opschoor et al (1999).

proportions de ressources non renouvelables et de nourriture qu'à l'heure actuelle, les auteurs de ce rapport ont conclu que notre système de production devrait s'effondrer et briser notre croissance économique avant 2100 (Cole, 2000). Basée sur une vision très pessimiste de nos capacités en matière de progrès technique, cette projection nous rappelle néanmoins les dangers potentiels encourus par une société incapable d'assurer sa croissance sur un modèle soutenable.

Les craintes de voir la croissance s'arrêter ont conduit la recherche à s'intéresser, depuis les années 80, à la possibilité d'un « développement soutenable ». Parmi plus de 70 définitions, celle qui est le plus souvent retenue pour l'expression de « développement soutenable » vient du Rapport de la Commission Brundtland (Our Common Future, World Commission on Environment and Development, WCED, 1987) : « un processus de changement dans lequel l'exploitation des ressources, la direction des investissements et l'orientation du développement technique et des changements institutionnels sont tous compatibles et permettent de satisfaire les besoins et les aspirations de la génération d'aujourd'hui sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs. »

Cette définition englobe de facto un concept d'équité. Si le développement économique traditionnel a pour objet d'améliorer l'équité entre les pays développés et en voie de développement au sein d'une même époque, la notion de développement soutenable introduit dans l'analyse économique la dimension de temps et affirme une équité entre des individus de différentes générations. Les implications liées au développement soutenable peuvent être catégorisées en deux écoles. Il y a tout d'abord le développement soutenable « faible » qui exige que l'utilité totale obtenue grâce à la croissance économique soit la même pour chaque génération ; Ce qui implique la nécessité de maintenir un même niveau de stock de capital agrégé pour chaque génération. Chaque baisse dans le stock de capital naturel doit ainsi être compensée par une hausse appropriée de capital « fabriqué » par l'homme, dans la mesure où sa valeur utilitaire, dans une optique de croissance économique, reste la même. Le développement soutenable « fort », issu de l'approche économique écologique, impose quant à lui une stabilité du stock de capital naturel. Selon cette définition, un simple maintien de la valeur agrégée du stock de capital par les moyens proposés dans l'approche dite « faible » ne peut être accepté.

0.3. Développement soutenable, globalisation et pays en voie de développement

Les inquiétudes à propos de la soutenabilité du développement étaient au moment de l'émergence de ce nouveau concept, et sont peut être encore aujourd'hui, loin du centre des préoccupations des pays en voie de développement. Pour ces pays, les problèmes les plus directs sont reliés à la pauvreté et au manque de développement, supposé se résoudre d'eux-mêmes par le développement et la croissance économique proprement dite (Founex Report, 1971). Cependant, alors que la situation de la pauvreté absolue a plus baissé au cours des cinquante dernières années qu'au cours des 500 années précédentes (Banque Mondiale, 1998a; PNUD, 1997), l'inégalité relative entre les pays développés et en voie de développement s'est accrue. Le rapport entre les 20% des nations les plus riches du monde et les 20% des plus pauvres, en terme de PIB par tête, est passé de 30:1 en 1960 à 61:1 en 1991, et à 78:1 en 1994 (PNUD, 1996, 1999). Comme les statistiques montrent que la croissance économique et le développement depuis la seconde guerre mondiale ont aussi bien bénéficié aux pays développés qu'aux pays en voie de développement et que beaucoup de ces derniers ont eu des taux de croissance supérieurs à ceux de leurs partenaires développés, une partie des véritables causes de l'augmentation des inégalités entre ces deux ensembles devrait être liée aux problèmes des ressources et de l'environnement. Par exemple, au cours des cinquante dernières années, plus de soixante pour cent de la croissance de la population mondiale s'est effectué dans douze pays seulement, les limites de la surpopulation dans certains de ces pays, bien que n'étant pas la seule cause, ont ainsi contribué à l'intensification des difficultés de maintien et d'amélioration des conditions de vie et de bien-être social. De plus, une rapide croissance de la population peut aussi réduire le stock de ressources naturelles et intensifier la pollution associée à la production et à la consommation, deux aspects qui vont en retour affaiblir la soutenabilité de la croissance et du développement dans ces pays.

Le Tableau 0.1 compare quelques-unes des statistiques les plus récentes en matière de conditions de vie, d'abondance de ressources naturelles par tête et d'intensité moyenne de consommation d'énergie et de production de pollution des activités économiques entre pays développés et en voie de développement. Pour la plupart des indicateurs, les différences sont flagrantes. Alors que le très bas niveau général des conditions de vie dans les pays en voie de développement nous rappelle la nécessité pour ceux-ci de se développer et de croître, leur niveau déjà très faible de ressources naturelles rend impératif la mise en place d'un cadre de développement soutenable. Cette idée est confirmée par la comparaison statistique des niveaux de pollution et de consommation en énergie par tête pour ces deux ensembles de

pays. Si les pays en voie de développement conservent le même mode de croissance que les pays développés, c'est-à-dire une utilisation d'énergie et une émission de CO₂ qui s'accroît pendant la croissance économique, les actuels petits chiffres des pays en voie de développement ne vont pas tarder à connaître une forte augmentation; ce qui devrait signifier dans les années à venir une très sérieuse détérioration de l'environnement pour ces pays et l'ensemble du monde. Par conséquent, chercher des modes de production moins consommateur d'énergies et moins polluants et réaliser le « découplage » entre la croissance économique et la détérioration de l'environnement est presque une obligation pour ces pays.

La tendance continue à la globalisation depuis les années 80 intègre de plus en plus profondément les économies des pays en voie de développement dans le système économique mondial. A titre d'exemple, les trois graphiques du Graphique 0.2 indiquent la remarquable augmentation du ratio des exportations sur le PIB, le flux annuel des IDE dans les pays en voie de développement et les tendances évidentes d'industrialisation de certaines économies asiatiques. Cette véritable tendance à l'intégration complique fortement l'engagement des pays en voie de développement à rechercher un procédé plus propre de croissance économique. Étant un instrument de réforme majeur visant à augmenter l'efficacité et la stabilité économique, la réforme commerciale – synonyme de libéralisation et donc d'une plus forte intégration mondiale – joue également un rôle perturbateur dans la poursuite par ces pays d'un développement soutenable. Bien que l'avantage comparatif d'un pays en voie de développement puisse refléter une véritable capacité d'assimilation de pollution plus élevée ou encore une dotation relativement plus importante de certaines ressources naturelles par rapport aux pays dits développés—comme cela est suggéré par l'hypothèse du « havre de pollution »—nous ne pouvons pas éliminer la possibilité que certains pays en voie de développement, faisant face à un « trop grand » écart de revenu avec le monde développé, puissent décider de sacrifier leur environnement et de se spécialiser dans certaines industries intensives en pollution (de façon volontaire ou passive) en assouplissant leurs réglementations sur l'environnement. Beaucoup de chercheurs expriment ainsi leurs craintes d'une globalisation qui accroîtrait la dépendance de la croissance économique mondiale et de sa poursuite du bonheur envers les ressources naturelles et le capital environnemental du monde en voie de développement—ce qui mettrait inévitablement à son tour en danger l'environnement et la soutenabilité de la croissance économique mondiale.

Tableau 0.1. Comparaison de quelques indicateurs fondamentaux entre pays développés et en voie de développement

1. Niveau de vie					
Indicateurs	PIBPT	Consommation de viande	Calories disponibles	Densité de population	
Unité	USD(prix de 1995)	kg/personne	kilocalories/personne/jour	personnes/Km2	
Développés	20792,253	58,900	3281,200	23,200	
PVD	1327,219	33,800	2665,200	59,700	
Ratio	15,666	1,743	1,231	0,389	
2. Dotation en ressources naturelles					
Indicateurs	Terres arables et cultivés	Surface forestière	Ressources renouvelables en eau	Ratio d'exportation de combustibles	
Unité	hectare/personne	hectare/personne	m3 annuel/personne (2004)	%	
Développés	0,486	1,310	11513,800	5,000	
PVD	0,187	0,412	7761,700	14,200	
Ratio	2,601	3,181	1,483	0,352	
3. Intensités d'utilisation d'énergie et d'émission de pollution par activités économiques					
Indicateurs	Emissions de CO ₂	Consommation de charbon et de produits du charbon	Consommation de pétrole brut, de gaz liquides naturels et de produits pétroliers	Consommation d'énergie géothermales, solaires, éoliennes et marémotrices	Consommation totale d'énergie
Unité	tonnes/personne	tonnes /personne ¹	tonnes /personne ¹	tonnes /personne ¹	Kg /personne ²
Développés	0,011	1,009	1,658	0,023	4590,1
PVD	0,002	0,213	0,273	0,004	832,5
Ratio	6,083	4,735	6,074	5,161	5,514

Source de données :

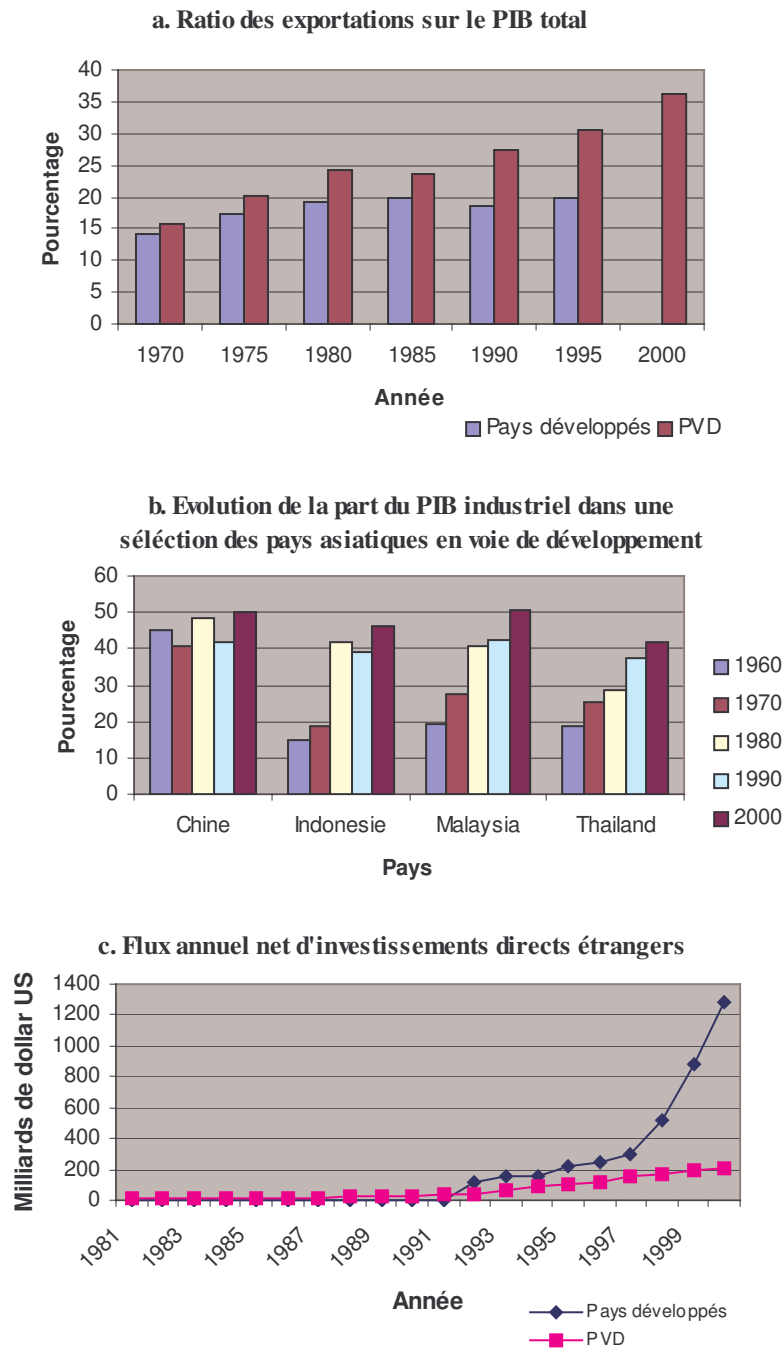
1. Development Data Group, Banque Mondiale. World Development Indicators, Washington, D.C: Banque Mondiale.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAOSTAT on-line statistical service (FAO, Rome, 2004). Disponible sur le site: <http://apps.fao.org>.
3. International Energy Agency (IEA) (2004), Energy Balances of OECD Countries (Edition 2003) and Energy Balances of non-OECD Countries (Edition 2003). Base de données électronique disponible sur le site: <http://data.iea.org/ieastore/default.asp>. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development (OCDE).
4. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, 2004. World Population Prospects: The 2002 Revision. New York: United Nations. Disponible sur le site <http://www.un.org/esa/population/ordering.htm>
5. International Energy Agency (IEA), 2004. L'émission de CO₂ provient de la transformation de la combustion d'énergies fossiles (2003 Edition). Base de données électronique disponible sur le site: <http://data.iea.org/ieastore/default.asp>. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development (OCDE).
6. National Institute for Public Health (RIVM) and Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO). 2001. The Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) 3.2. Acidifying Gases: SO₂ (Sulfur dioxide): Aggregated Emissions 1990/1995. Base de données électronique disponible sur le site : <http://arch.rivm.nl/env/int/coredata/edgar/>. The Netherlands: RIVM.
7. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. 2004. World Urbanization Prospects: The 2003 Revision. Urban and Rural Areas Dataset (POP/DB/WUP/Rev.2003/Table A.7), Base de données électronique disponible sur le site: <http://www.un.org/esa/population/ordering.htm>. New York: Nations Unis.

Ainsi, la tendance actuelle de globalisation est en train de placer les pays en voie de développement au centre de la discussion sur le développement soutenable. Tandis que la globalisation a le potentiel de réduire l'inégalité économique entre les mondes développés et en voie de développement, un rapprochement du niveau de revenu entre ces deux ensembles risque de s'obtenir par le sacrifice du bien être social des générations futures des pays en voie de développement. Ce sacrifice pourrait même être double sous l'hypothèse du « havre de pollution ». En effet, les générations futures des pays en voie de développement seront probablement privées de leur bien-être par la génération actuelle qui cherche à améliorer son niveau de vie, et par les générations futures des pays développés, dont le bien-être sera sauvegardé par la décision actuelle de leurs ancêtres de continuer à s'enrichir en utilisant une partie des ressources naturelles des pays en voie de développement. Par conséquent, pour les pays en voie de développement, la façon dont doit être traitée la relation entre la protection de l'environnement et la croissance économique dans une économie mondialement intégrée est une question doublement critique.

Heureusement, la globalisation n'est pas seulement synonyme de dangers. Les analyses théoriques dynamiques et structurelles ont ainsi indiqué la possibilité pour les pays en voie de développement d'être aidés par la globalisation dans leur poursuite d'un développement soutenable. Quelques économistes ont montré qu'une croissance économique alimentée par l'ouverture peut renforcer la demande publique pour un meilleur environnement et encourager la tendance vers une amélioration de l'environnement. D'autres auteurs pensent que la globalisation peut faciliter l'introduction de technologies avancées dans les domaines de la production ou de la réduction de la pollution dans les pays en voie de développement—un facteur qui encourage l'amélioration de l'environnement du côté de l'offre. Par ailleurs, pour les pays en voie de développement dont la dotation en ressources détermine ses avantages comparatifs dans certains secteurs peu polluants, la participation au système de production mondial va aussi réduire leur fardeau de pollution par rapport à un processus d'industrialisation standard. Finalement, la concurrence venant du marché mondial peut également encourager les producteurs domestiques à investir plus dans les activités de recherches et de développement afin de réduire leurs pertes en ressources naturelles dans les procédés de production, et de renforcer leur efficacité dans la réduction des polluants.

Schéma 0.2. Tendances à la globalisation dans les pays en voie de développement

Source: World Development Indicators



0.4. Objet et structure de cette thèse

En bref, pour un pays en voie de développement, la réalisation d'un développement soutenable est un défi beaucoup plus dur à relever qu'il ne l'est pour un pays développé. Il y a plusieurs raisons à cela. Premièrement, la dégradation de biens environnementaux peut directement réduire la capacité de croissance économique future. Par ailleurs, étant donnée une situation environnementale déjà très grave, comparée avec celle d'il y a 100 ans,

l'environnement est devenu beaucoup plus sensible à la pollution, ce qui accroît les difficultés des pays en voie de développement à la recherche d'une meilleure vie. En outre, pour un pays en voie de développement participant à la globalisation de l'économie, sa croissance économique et la variation de son stock de capital environnemental seront influencées voire dominées par les externalités socio-économiques des pays développés. Par conséquent, la question centrale est ici de savoir si et comment le monde en voie de développement peut tirer profit des progrès technologiques et institutionnels déjà réalisés dans le domaine de la production et de la réduction de la pollution et lutter efficacement contre le danger de la détérioration environnementale dans leur longue marche vers de meilleures conditions de vie.

Dans cette thèse, nous prenons le cas de la Chine, le plus grand pays du monde en voie de développement. Après un bref examen des expériences de ses 25 dernières années en matière de croissance économique, d'industrialisation, d'ouverture commerciale, de pollution atmosphérique, et après avoir réalisé des analyses plus techniques sur les relations entre croissance et environnement et entre ouverture et environnement, nous tentons de répondre aux questions suivantes: quels rôles la croissance économique, l'industrialisation et le commerce international ont-ils eu dans la détermination de la situation environnementale chinoise ? Quel est le coût de cette détérioration de l'environnement et comment va-t-elle à son tour pouvoir influencer la capacité de croissance de la Chine ? Y a-t-il une possibilité pour la Chine de réaliser son objectif de croissance économique sans détériorations environnementales trop sérieuses ? Comment une économie en voie de développement comme la Chine peut-elle tirer bénéfice de ses coopérations avec les pays développés dans le domaine des technologies propres et de la réglementation environnementale, afin de réaliser une croissance économique plus soutenable ? Seulement après avoir été à même de répondre à ces questions, les pays en voie de développement seront capables d'atteindre leurs objectifs de développement et en même temps de tenir leurs engagements de protection envers ce précieux capital commun qu'est l'environnement.

Cette thèse se divise en trois parties; La partie 1 discute de la relation entre la croissance et l'environnement en Chine. Dans cette partie, nous commençons par une analyse de la Courbe Kuznets Environnementale (CKE) pour des données de panel par province de l'émission industrielle de SO₂ en Chine. Ensuite, pour « démasquer » la forme réduite de la relation entre revenu et pollution, nous étudions dans un modèle structurel le rôle de trois déterminants de l'émission : les effets d'échelle, de composition et de technique. Dans une troisième étape, nous utilisons la méthode de décomposition de l'indice de Divisia pour décomposer la variation de l'émission industrielle de SO₂ en une contribution de ces trois

effets, et vérifions ensuite la corrélation potentielle entre les contributions des trois effets dans la variation des émissions et la croissance économique en Chine. La Partie 2 s'intéresse à la relation entre le commerce et l'environnement. Cette relation est d'abord étudiée par la simple estimation dans laquelle l'impact du commerce est représenté par des termes multiplicatifs, selon le procédé de Antweiler, Copeland et Taylor (ACT, 2001). Etant donné que le commerce peut exercer son impact sur la pollution à travers les trois effets et la corrélation qui existe entre eux, nous étudions aussi l'impact du commerce sur l'émission industrielle de SO₂ qui passe par son effet sur les trois effets par les résultats de la décomposition de Divisia et un système d'équations en simultané. La troisième partie de cette thèse discute de la possibilité pour la Chine de réaliser une croissance économique soutenable et des conditions nécessaires et suffisantes pour cela. Cette partie de l'analyse se compose d'une étude en équilibre général calculable (EGC) qui compare les impacts potentiels de l'environnement de la croissance économique et du commerce international durant la période de 2001-2005, date du nouvel objectif d'émission de SO₂ et de l'obligation d'une mise en place de tarifs et de taxes pour respecter les accords d'accession à l'OMC, et une simple analyse sur l'effet de « feedback » de la pollution sur la soutenabilité économique en Chine.

Chapitre 1. Evolution de la situation économique et environnementale en Chine depuis la réforme

1.1. Le succès de la réforme économique en Chine

Le succès de la croissance économique chinoise au cours de ces 25 dernières années aura été considérable. La Chine a ainsi connu un taux de croissance moyen de plus de 9% par an, avec des pointes moyennes de plus de 11,5% dans de nombreux secteurs industriels. Le niveau de vie a significativement augmenté, le PIB par tête réel étant aujourd'hui six fois celui de 1978.¹

Tableau 1.1. Améliorations considérables des conditions de vie de la population

Aspects	Unité	1989	2003	Variations(%)
Régions urbaines				
Revenu disponible annuel par tête en prix réel de 1989	Yuan	1374	3873	281,88
Dépense de consommation annuelle par tête en prix réel de 1989	Yuan	1211	2977	245,83
Coefficient de Engle des ménages	%	54,5	37,1	68,07
Surface d'habitation par tête	m ²	13,5	23,7	175,56
Ratio d'accès à l'eau de robinet	%	47,4	86,2	181,86
Ratio d'accès au gaz naturel	%	17,8	76,7	430,90
Nombre de postes de télévision pour 100 ménages	Set	51,5	130,5	253,40
Pourcentage de dépense des ménages pour les soins médicaux	(%)	1,3	7,3	561,54
Régions Rurales				
Revenu disponible annuel par tête en prix réel de 1989	Yuan	602	1293	214,78
Dépense de consommation annuelle par tête en prix réel de 1989	Yuan	535	1943	179,09
Coefficient de Engle des ménages	%	54,8	45,6	83,21
Surface d'habitation par tête	m ²	17,2	27,2	158,14
Ratio d'accès de l'eau de robinet	%	--	--	--
Ratio d'accès du gaz naturel	%	--	--	--
Nombre des postes de télévision pour 100 ménages	Set	3,6	67,8	1883,33
Pourcentage de dépense des ménages pour les soins médicaux	(%)	3,1	6,0	193,55
Nombre d'étudiants pour 10000 personnes				
Universités	personne	18,5	86,3	466,49
Ecoles secondaires	personne	448	763	170,31

Sources de donnée s: China Statistic Yearbook (2004).

¹ Les variations sont calculées par l'auteur selon les données fournies par China Statistic Yearbook (1985-2004).

Parallèlement à la croissance économique, les Chinois ont connu une amélioration considérable de leurs conditions de vie. Celles-ci sont enregistrées dans le Tableau 1.1. Entre 1989 et 2003, la dépense de la consommation finale a été multipliée par plus de 2, la surface moyenne de l'habitat a presque doublé, et la consommation en énergies presque quadruplé. Avec la hausse des dépenses médicales des ménages, l'état de santé de la population s'est aussi beaucoup amélioré. Le taux de mortalité infantile a diminué de 47 pour 1000 en 1975 à 28,4 pour 1000 en 2000. Au cours de la même période, l'espérance de vie moyenne de la population est passée de 64 à 71,4 ans.¹

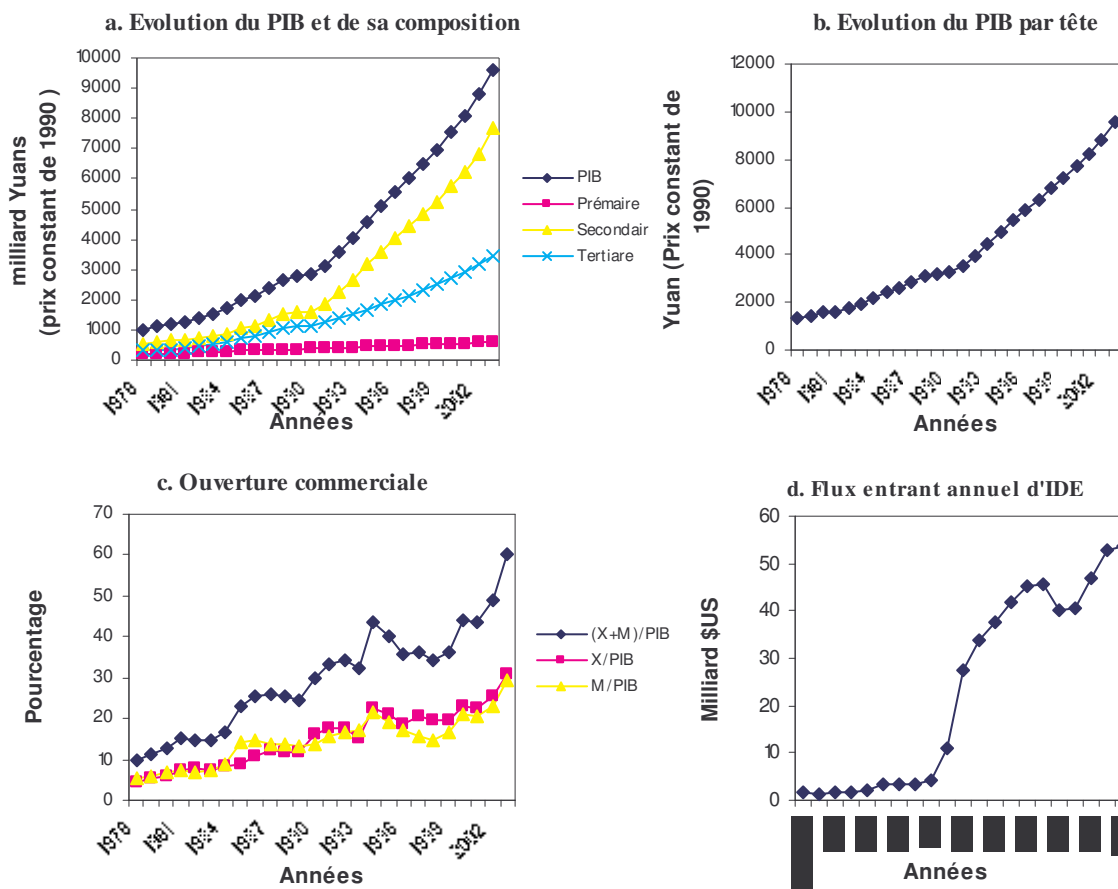
Le succès économique chinois se caractérise aussi par un fort processus d'industrialisation et d'ouverture. Au moment où le ratio du secteur agricole dans le PIB total est passé de 28,1% en 1979 à 14,6% en 2004, les secteurs secondaires et tertiaires ont, au contraire, connu une forte expansion. Cette industrialisation et cette diversification de la structure économique ont significativement réduit la vulnérabilité de l'économie chinoise aux chocs extérieurs. La compétitivité de certains produits chinois, surtout ceux dont les processus de production utilisent intensivement le travail est désormais mondialement connu. L'adhésion de la Chine à l'OMC en 2002 renforce à nouveau son processus d'intégration au marché mondial. En 2003, le volume annuel total des exportations et importations est de 120 fois celui de 1979, avec 90% de produits manufacturés. La réforme économique, grâce à son orientation vers l'économie de marché, a aussi transformé la Chine en une destination privilégiée pour les investissements directs étrangers (IDE). Selon l'OCDE (2004), après être entrée dans le nouveau millénaire, la Chine est devenue, malgré le ralentissement de la croissance économique mondiale, le plus grand pays d'accueil de IDE avec un flux entrant annuel de 53,5 milliards de dollars US, largement plus important que celui de l'Allemagne (47 milliards de dollars US) ou des Etats Unis (40 milliards de dollars USA). De même, l'accumulation des investissements directs étrangers en Chine a atteint 500 milliards de dollars entre 1978 et 2001.² Etant données les perspectives optimistes de croissance de l'économie chinoise décrites par de nombreux économistes, le monde entier commence à croire et à contribuer au maintien, voire l'accentuation du degré d'ouverture de l'économie chinoise dans un future proche.

¹ Les indicateurs utilisés pour illustrer la croissance économique, l'amélioration des conditions de vie et les améliorations dans d'autres domaines sont calculés par l'auteur à partir des statistiques publiées dans le *China Statistic Yearbook*(2004) et les données fournies par le ministère chinois de la santé.

² Les chiffres sur la croissance économique, l'augmentation du niveau de vie et l'ouverture sont calculés par l'auteur à partir des données statistiques publiées dans le *China Statistic Yearbook* et les données statistiques fournies par le ministère chinois de la santé.

Graphique 1.1. Evolution de certains indicateurs macroéconomiques en Chine

(Source : China Statistic Yearbook, 2004)



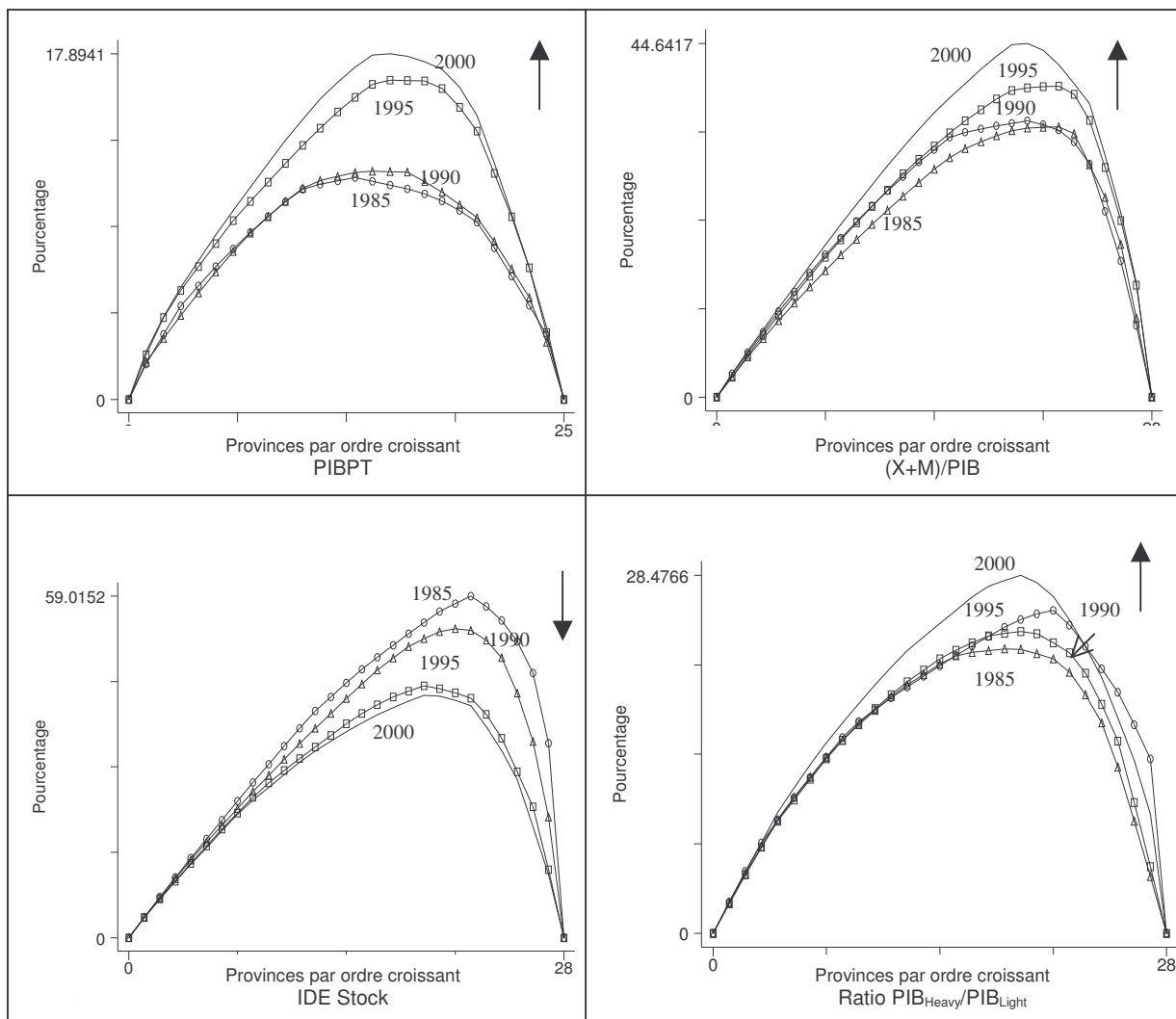
Le Graphique 1.1 synthétise certaines caractéristiques de l'évolution de la croissance économique, de l'industrialisation et de l'ouverture en Chine au cours de ses 25 années de réforme. Une tendance de croissance est clairement partagée par les quatre indicateurs du graphique. Un point commun à ces évolutions haussières est l'accélération de 1992, qui marque le commencement de la troisième phase de la réforme économique.¹ Grâce à la formalisation du rôle du marché dans « l'économie socialiste avec caractéristiques chinoises », réalisée sous la direction de Deng Xiaoping, la plupart des réformes politiques économiques ont pu commencer. Cette introduction de l'économie de marché a fortement renforcé la tendance de croissance de l'économie chinoise. Par conséquent, tous les quatre indicateurs montrent une croissance plus forte après 1992.

Ce succès économique n'a cependant pas bénéficié à toutes les provinces chinoises de la même façon. A côté des disparités entre zones rurales et zones urbaines que nous avons

¹ Les deux autres phases de la réforme sont d'abord le commencement de la réforme à partir de 1978 qui était marquée par le changement du système de rémunération dans les régions rurales et la deuxième phase de réforme à partir de 1984, marquée par l'introduction des 14 zones économiques spéciales dans les villes côtières. C'est dans la deuxième phase de réforme que l'on commence à s'orienter vers la stratégie d'exportation.

illustrées dans le Tableau 1.1, il existe aussi des différences entre provinces selon le niveau de revenu et les opportunités économiques.

Graphique 1.2. Evolution des disparités régionales entre les provinces chinoises (1985-2000)



Note:

1. Les courbes illustrées dans le graphique mesurent la différence entre la courbe de Lorenz et la ligne diagonale à 45°. Donc une courbe plus grande représente un degré de disparité plus important.
2. En raison du manque de données, le Tibet est exclu de notre graphique. Étant donné que la province de Hainan était une région de la province Guangdong jusqu'en 1987, pour éviter le problème de l'incohérence des données dans la comparaison des courbes de Lorenz au cours de temps, nous rajoutons ses données après 1988 dans celles de Guangdong. Par conséquent, nous avons seulement 28 provinces dans le graphique. Dans la partie du graphique qui présente la disparité du PIB par tête, nous excluons Beijing, Tianjin et Shanghai, les trois municipalités directement sous le contrôle du gouvernement central, car la différence de revenu entre ces trois villes et les 26 provinces est tellement importante que l'inclusion de ces trois villes change complètement le sens de l'évolution de la courbe de Lorenz. Démurger (2001) fait les arrangements similaires.
3. Le degré d'ouverture au commerce est mesuré par $(\text{exportations} + \text{importations}) / \text{PIB}$, le stock d'IDE est divisé par le PIB pour purger les perturbations provenant de la taille de l'économie des différentes provinces. Nous utilisons le ratio des produits des industries lourdes sur ceux des industries légères pour mesurer les caractéristiques structurelles d'une économie.
4. Source de données: China Statistic Yearbook et Almanac of China's Foreign Economic Relations and Trade (divers numéros).
5. Les échelles de l'axe ordonné ne sont pas identiques dans les quatre parties du graphique.

Inspiré par Démurger (2001), nous calculons et illustrons l'évolution du degré de disparité régionale pour le PIB par tête, le degré d'ouverture et la transformation de la

structure économique dans le Graphique 1.2 à l'aide d'une sorte de courbe du style de Lorenz. Evidemment, le revenu, l'intensité du commerce international et la transformation de la structure industrielle ont tous montré une tendance à l'augmentation des disparités régionales, surtout après 1990, sauf pour le stock d'IDE. Ce dernier peut être expliqué par les politiques préférentielles récemment proposées par l'Etat, qui ont pour but d'encourager les flux entrants d'IDE vers les régions du centre ou de l'ouest.

Dans la littérature, les explications données à ces phénomènes de disparité régionale sont très variées. (Bao et al., 2002; Démurger, 2001; Guillaumont et Hua, 2001 ; Fu, 2004; Hu, 2002 and Cai et al., 2002 ; etc.) Les économistes généralement croient que ces disparités sont en premier lieu dues aux politiques économiques préférentielles, aux localisations géographiques avantageuses et au développement plus rapide des infrastructures des provinces côtières. En même temps, les liens très limités de l'économie des provinces intérieures avec les moteurs de la croissance économique comme le commerce international et les IDE expliquent aussi en partie ces disparités régionales. Finalement, comme la croissance économique des provinces côtières peut aussi être dans certain sens considérée comme étant approvisionnée par les migrants des provinces intérieures, nous pouvons la voir comme partiellement réalisée au détriment de la croissance économique des provinces intérieures.

1.2. Evolution des situations environnementales en Chine durant les années de réforme

Considérant la taille de son économie et son développement rapide, la Chine a très souvent été décrite comme la future première puissance économique mondiale. Néanmoins, la réalisation d'une telle hypothèse dépendra largement de la soutenabilité de sa croissance. Sous l'angle du « développement soutenable », si la vitesse de la croissance économique de la Chine est alimentée par une consommation intensive en intrants, principalement en énergies et autres ressources non-renouvelables ou faiblement renouvelables, une amélioration des conditions matérielles d'aujourd'hui pourrait avoir pour conséquence une détérioration quasi-aveugle de la qualité de l'environnement, et ainsi réduire la capacité de croissance future.

Les récents succès économiques de la Chine ont-ils été obtenus en respectant la qualité de l'environnement ? Force est de constater que cela n'en a malheureusement pas été le cas. L'environnement chinois s'est ainsi considérablement détérioré avec l'accélération des progrès économiques.

1.2.1 Disparition des terres cultivables et des forêts

La Chine est un pays qui a relativement peu de terres arables. Avec une population représentant 22% des effectifs mondiaux, celle-ci ne possède que 7% des terres arables du monde pour se nourrir. La possession de forêt par habitant chinois est de seulement 1/5 du niveau moyen mondial et celle de prairie de seulement 1/2. Cependant, nous avons pu constater une occupation constante des terres cultivables et des forêts induites par les activités économiques agressives tout au long des réformes économiques. En 2002, cela a entraîné une diminution des terres cultivables de 1,69 millions d'hectares, alors que la surface des terres subissant le problème de l'érosion (principalement pour cause de pâturage abusif) passait à 3,65 millions de km², soit 37,1% de la surface totale du territoire chinois.

L'urbanisation et l'industrialisation sont les deux causes principales de ces réductions des terres arables et de la forêt. D'une part, une population urbaine désormais plus aisée demande des surfaces habitables et des espaces verts de plus en plus importants, et d'autre part, une part croissante de la population rurale vient s'installer dans les régions urbaines, alimentant une forte expansion spatiale des villes au détriment des espaces agricoles périurbains. Nous constatons donc que le nombre de villes est passé de 236 en 1982 à 658 en 2000, et que dans le même temps le nombre de cantons a chuté de 2664 à 2053 ; Le taux d'urbanisme passant ainsi de 20,6% à 36,1%.¹

Par ailleurs, cette tendance à l'urbanisation n'aura pas seulement nécessité une expansion de la surface des régions urbaines, mais aussi la construction massive de routes et de voies ferrées pour faciliter les communications entre ces régions. Au cours des 25 dernières années, la longueur des autoroutes en Chine a ainsi été doublée, alors que celle des réseaux ferrés a augmenté de 42%, réduisant de presque autant les surfaces arables et les forêts.

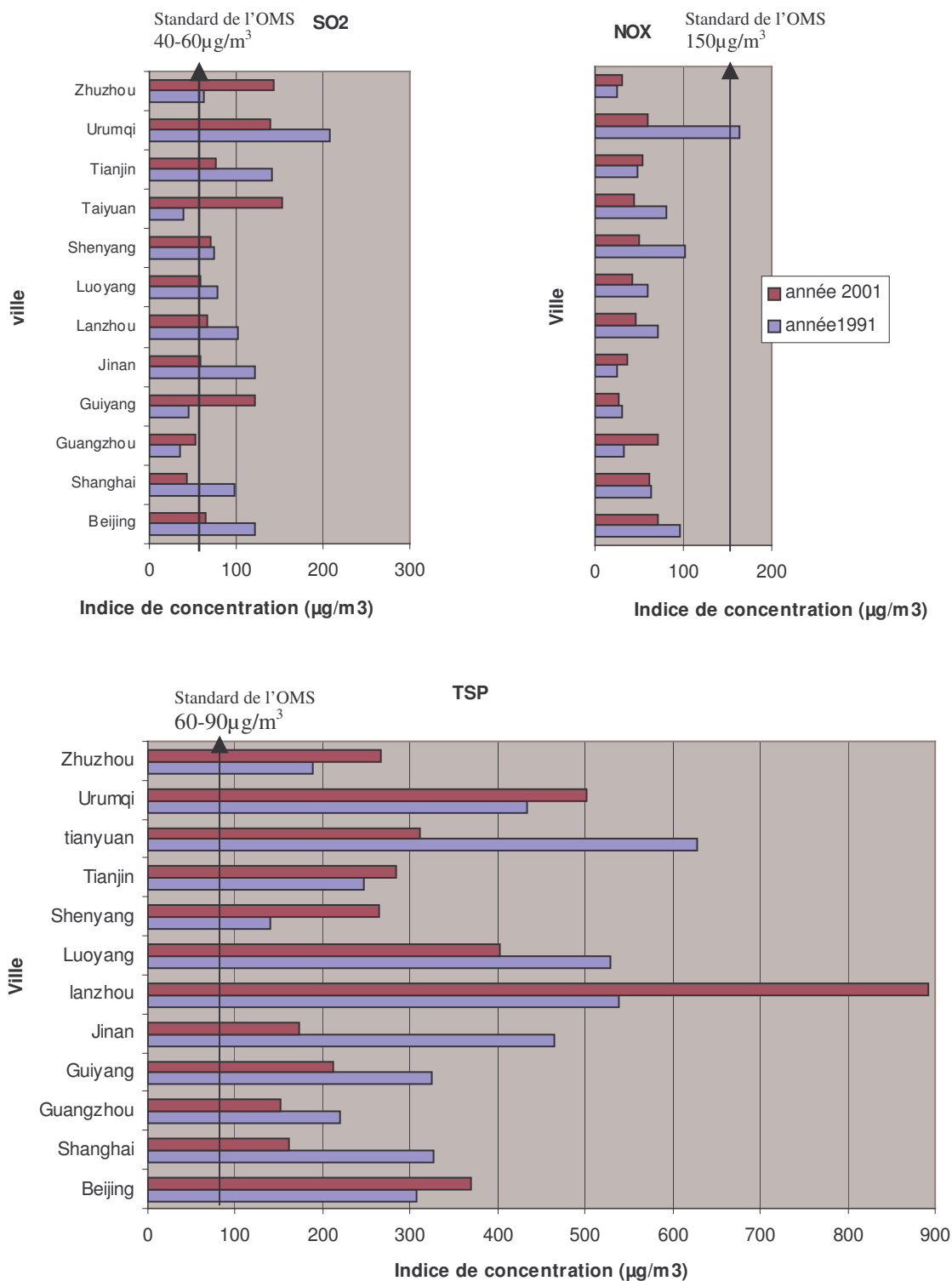
1.2.2 Détérioration de la qualité de l'air

La réussite économique en Chine est aussi accompagnée d'une forte pollution aérienne. La qualité de l'air commença à se détériorer rapidement dès la première décennie de la réforme. A la fin des années 1990, certaines villes chinoises avaient des indicateurs de concentration de pollution aérienne parmi les plus élevés du monde. Le niveau de la qualité de l'air dans les deux tiers des villes chinoises n'atteint pas le standard de l'Agence Nationale de

¹ Selon les documents associés aux cinq recensements de la population chinoise, la définition d'une ville en Chine est basée sur deux critères, l'un est la taille d'habitants, l'autre est la taille de l'économie. Si dans une région, nous recensons une taille de population de plus que 100 000 habitants et un produit annuel de plus de 20 millions Yuan, nous pouvons la définir comme une ville.

la Protection de l'Environnement (ANPE), ce qui signifie que plus des trois quarts de la population urbaine est exposée à un air très pollué. Les villes du nord subissent le plus souvent une pollution de particules, car charbon est utilisé intensivement dans leurs systèmes de chauffage et les grandes chaudières industrielles. Les villes du sud ont quant à elles une pollution dominée par le soufre dioxyde (SO₂) à cause de leurs réserves de charbon ayant une teneur en soufre très élevée.

Graphique 1.3. Variations des indices de concentration ambiante des polluants aériens
 (Sources des données : China energy Databook, 5.0 et China Urban Statistic Yearbook)



Le Graphique 1.3 indique la concentration moyenne annuelle de trois cas de pollution : particules en suspension (TSP), oxyde d'azote (NO_x) et SO₂ en 1991 et 2001 dans 12 villes chinoises ayant une bonne représentativité géographique. Bien que quelques signes d'amélioration soient déjà apparus dans les années 1990 grâce aux renforcements des efforts de contrôle de pollution de l'ANPE, les indicateurs de concentration du SO₂ et des TSP restent toujours significativement au-dessus des standards établis par l'Organisation Mondiale de Santé (OMS) pour des villes de pays en voie de développement.¹

1.2.3 Baisse de la qualité de l'eau

La Chine est un pays relativement pauvre en terme d'accès à l'eau. L'accès à l'eau par habitant en Chine est actuellement au-dessous du tiers du niveau mondial moyen. Cependant, sous la pression de l'accélération de l'industrialisation et de l'urbanisation, la qualité de l'eau de surface et de l'eau souterraine en Chine ont depuis les années 1980 significativement détériorée. Le gouvernement chinois a établi 5 catégories de critères pour définir la qualité de l'eau. Les grades 1, 2 et 3 permettent une utilisation directe comme source d'eau potable. Le grade 4 est restreint à l'utilisation industrielle et le grade 5 n'est utilisable que pour l'irrigation. Concernant la qualité de l'eau dans les sept grands réseaux hydrologiques chinois en 2002, on peut constater que seules 29,1% des sections atteignent l'exigence des grades 1 à 3, que celles atteignant les grades 4 et 5 sont de 30%, et que plus de 40% des sections sont de trop mauvaise qualité pour pouvoir être classifiées.

La détérioration de la qualité de l'eau aggrave encore plus la situation de pénurie d'eau dans la plupart des villes chinoises, et surtout dans celles du nord. En 1995, parmi les 270 villes chinoises subissant un problème de pénurie d'eau, 74 sont due à une pollution qui contamine la source d'eau brute alimentant le système de distribution.²

1.3. Coûts potentiels des pollutions pour l'économie chinoise

Les analyses économiques traditionnelles ignorent souvent le coût de l'environnement, leurs décisions de maximisation se font ainsi sur la simple comparaison entre coûts et bénéfices en terme de valeur de marché. Dans cette optique, le Produit Intérieur Brut (PIB) est considéré comme la seule source de bien-être. Cependant, la croissance économique de la Chine au cours de ce dernier quart de siècle a clairement posé la question du coût, non-négligeable, de la qualité de l'environnement.

¹ Banque Mondiale, 1997, pp.10.

² ANPE (2003, 1991).

1.3.1. Coûts de l'environnement liés au processus d'urbanisation

La réduction de la surface des terres cultivables a entraîné une baisse de capacité de la production agricole et alourdi la dépendance alimentaire de la Chine vis à vis de l'étranger. La diminution des forêts et prairies a provoqué un problème de désertification et peut-être de changement de climat, surtout pour les régions du nord de la Chine. Par exemple, La surface totale de désertification a désormais atteint 1,743 millions de km², ce qui représente 18,2% du territoire chinois.¹ Dans certaines provinces, l'augmentation de la densité de population qui résulte de l'urbanisation provoque de grandes difficultés sur un plan sanitaire urbain déjà largement saturé. Le SARS, maladie très contagieuse qui s'est rapidement étendue sur une grande partie du territoire chinois au début de l'année 2003 montre clairement le danger d'une telle situation et son coût pour la croissance future.

1.3.2. Coûts de l'environnement liés aux pollutions aériennes

Beaucoup d'études ont jusqu'ici montré l'importance du coût que fait supporter la pollution aérienne chinoise sur la santé. Plusieurs études se basant sur les cas de Pékin (Xu et al, 1994,1995), de Shenyang (Xu et al, 1995), de Chongqing (Banque Mondiale, 1996), et de Shijiazhuang et Changsha (Peng et al, 2001), ont montré la forte incidence des maladies respiratoires étroitement liée à la situation de la pollution aérienne, surtout celles au SO₂ et aux TSP. Une étude de la Banque Mondiale (1997) a aussi montré d'une façon spéculative sur le coût potentiel de pollution sur la santé. Il suppose que si la concentration ambiante de particules et de SO₂ sur le territoire chinois était égale à celle de Pékin pour l'année 1995 (à défaut de mesures exactes) et que 80% de la population chinoise était exposée à cette atmosphère polluée. Une baisse des indices de concentration de ces polluants jusqu'au niveau des standards établis par l'ANPE chinois peut éviter chaque année plus que 178 000 morts prématurées, 346 000 cas d'hospitalisation et 6,8 millions de cas de visites urgentes.

Un autre problème majeur dérivé de la pollution aérienne concerne les pluies acides. Elles proviennent principalement de deux polluants atmosphériques : le SO₂ et le NO_x. Après avoir été émis dans l'atmosphère, le SO₂ et le NO_x peuvent réagir avec d'autres composés chimiques et former l'acide de soufre et l'acide nitreux. Ces acides gazeux peuvent rester dans l'atmosphère et voyager sur des centaines de kilomètres avant de retomber sur la terre sous forme de pluie, neige, smog ou de particules sèches. Au début des années 1980, la zone de pluie acide était essentiellement concentrée sur les provinces du Sichuan et du sud-ouest du

¹ Agence d'information Xinhua, 17 juin 2002.

Guizhou, où le charbon exploité est très concentré en soufre. Au cours des réformes économiques, avec l'augmentation des émissions de SO₂ et de NO_x, la zone subissant le problème des pluies acides s'est élargie à 13 provinces situées dans les régions du nord-est, de l'est et du nord. Selon l'évaluation de quelques chercheurs chinois, le coût économique directement lié à la pluie acide dans les 11 provinces du sud atteint 4 milliards de Yuans (prix constants de 1998, 1 \$US=8,3 yuans). De plus, si nous incluons aussi la perte de valeur écologique de la forêt et de la terre liée à ce phénomène de pollution, ce coût peut être 2 à 8 fois plus important. (Cao, 1999 et China Environmental Yearbook, 1991-1998)

La hausse de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère pose aussi le problème de l'effet de serre. Celui-ci est supposé avoir la capacité de changer le climat et de pouvoir entraîner la destruction de l'écosystème aquatique et terrestre. Certains chercheurs ont ainsi prédit que l'augmentation de l'émission des gaz à effet de serre pourrait avoir pour conséquence un accroissement des températures, ce qui conduirait à accélérer la vitesse d'évaporation de l'eau contenue dans les sols et entraînerait des tempêtes plus fréquentes. Si cela devait se produire, il est certain que les productions de riz, de blé et de coton en Chine seraient réduites. Par ailleurs, une augmentation des températures pourrait aussi élever le niveau de la mer de près d'un mètre, ce qui non seulement inonderait en Chine une surface très importante (équivalente à celle du Portugal), mais la priverait également de ses régions les plus avancées en terme économique (Shanghai, Canton, etc.).¹

1.3.3. Coûts de l'environnement liés à la pollution de l'eau

Bien que les maladies liées à l'insalubrité de l'eau soient moins répandues en Chine que dans d'autres pays en développement de même niveau de revenu grâce à son système d'adduction d'eau relativement plus élaboré, avec l'augmentation de la densité de population vivant dans les régions urbaines et l'accélération de l'industrialisation, le traitement de l'eau usée devient une tâche de plus en plus lourde à supporter. Cette situation se combinant à la pénurie de l'eau pourrait ainsi expliquer pourquoi dans des villes du nord de la Chine, certaines maladies liées aux matières fécales aient été re-détectées après trente années d'absence (Banque Mondiale, 1997).

1.3.4. Synthèse sur les coûts de l'environnement liés aux différentes formes de pollutions

Le Tableau 1.2. montre une synthèse des évaluations des différentes formes de dommages liés à la détérioration de la qualité de l'environnement en Chine (Banque

¹ Banque Mondiale (1997).

Mondiale, 1997). Quel que soit le principe d'évaluation, nous constatons que la pollution actuelle cause un coût relativement important pour l'économie chinoise, d'au moins 3,5% du PIB.

Tableau 1.2. Coûts économiques de la pollution aérienne et de l'eau en Chine
(Millions de dollars U.S., Source : Banque Mondiale (1997))

Problèmes	Évaluation selon le principe du consentement à payer	Évaluation selon le principe de la perte en capital humain
Pollution aérienne urbaine	32 343	11 271
Morts prématurés	10 684	1 597
Morbidité	21 659	9 674
Jours d'activités restreintes	3 842	3 842
Bronchites chroniques	14 092	2 107
Autres effets sur la santé	3 725	3 725
Pollution aérienne intérieure	10 648	3 711
Morts prématurés	3 517	526
Morbidité	7 131	3 185
Exposition au plomb (enfants)	1 622	270
Pollution de l'eau	3 930	3 930
Coût en soins	1 988	1 988
Pertes dans l'agriculture et la pêche	1 159	1 159
Pénurie d'eau	783	783
Pluie acide	5 046	5 046
Dommages en cultures et forêts	4 364	4 364
Dommages matériels	271	271
Dommages pour l'écosystème	411	411
Total	53 589	24 228
Pourcentage du PIB	7,7%	3,5%

Note : Le principe du consentement à payer consiste à demander à un individu combien il est prêt à payer pour éviter les dommages mentionnés dans le Tableau 1. On extrapole ici pour la Chine une étude réalisée aux Etats Unis en ajustant les sommes des paiements accordés à la différence de revenu entre les deux pays. Le principe du capital humain est d'égaliser les dommages aux pertes de revenu de l'individu. Selon ce principe, l'évaluation de la perte en capital humain se concentre simplement sur la perte de revenu futur des individus à cause de la morbidité liée aux problèmes de pollution. Etant donné que la méthode du consentement à payer a tendance à encourager les répondants du questionnaire à inclure la valeur intrinsèque de la santé dans leur considération, l'évaluation obtenue par cette méthode est plus importante que celle estimée par la méthode du capital humain.

1.4. Le PIB vert de la Chine

Le PIB vert représente le produit intérieur brut après déduction du coût des dommages environnementaux se produisant dans des activités économiques. Cet ajustement aux indices courants du PIB nous offre une nouvelle mesure du revenu équivalent au bien-être et nous permet de faire des comparaisons dans le temps sous l'angle analytique du développement durable (Vincent, 1997). Si le Produit National Net *PNN* peut être obtenu en déduisant du Produit National Brut *PNB* les produits consommés au cours du processus de production, c'est à dire le stock de capital synthétique qui est réduit par 'usures et émoussements' (Cole, 2000, pp.59) ; Le *PNN* vert peut alors être obtenu en enlevant dans le *PNN* les dépréciations du capital *naturel* et les destructions de ressources naturelles. Pearce (1993) explique ce calcul par l'équation suivante :

$$PNN\ vert = PNB - D_m - D_n - Destr_n$$

Ici, D_m est la dépréciation du capital synthétique. D_n est la dépréciation du capital naturel, qui est selon Pearce, mesurée par le coût de remplacement de cette dépréciation par des substituts renouvelables, et finalement, $Destr_n$ représente la destruction du capital naturel.

Grâce à ce raisonnement, nous pouvons facilement calculer le PIB vert de la Chine en employant les coûts économiques liés aux pollutions de l'air et de l'eau listés dans Tableau 1.2. Dans ce cas, PIB vert=PIB-coûts de pollution. En assumant qu'entre 1978 et 2003, le coût économique de la pollution en Chine prenne toujours la valeur de 7,7% ou 3,5% du PIB, la valeur actuelle cumulée de ces coûts sur les 25 dernières années devrait atteindre 3624 milliards de Yuans selon le principe du capital humain et de 7973 milliards de Yuans selon le principe du consentement à payer, soit respectivement 48% et 106% du PIB de la Chine de l'année 2000.

**PARTIE 1. ENVIRONNEMENT ET CROISSANCE ECONOMIQUE :
UNE RE-ESTIMATION DE LA COURBE KUZNETS
ENVIRONNEMENTALE POUR LA CHINE**

Chapitre 2. L'hypothèse de la Courbe Kuznets Environnementale est-elle valable pour le cas chinois ?

Face à la dégradation évidente de la qualité de son environnement au cours des 25 dernières années de croissance économique, la Chine, comme de nombreux autres pays, commence désormais à se préoccuper de ce problème. Cependant, à la différence des personnes vivant dans les pays développés, le désir des chinois pour un meilleur environnement se combine avec l'ambition de gagner un revenu plus élevé et de mener une meilleure vie matérielle. La Chine peut-elle dans ces circonstances soutenir sa croissance économique sans encourir de trop fortes contraintes en ressources ? Existe-t-il un chemin de croissance soutenable permettant à la Chine de s'assurer le succès économique et le maintien d'un haut niveau de qualité environnementale ? Nous essayons de répondre à ces questions en étudiant pour le cas de la Chine l'hypothèse de la Courbe Kuznets Environnementale.

2.1. Idée et genèse de l'hypothèse de « Courbe Kuznets Environnementale »

Pour certains partisans de la théorie de « limit to growth », comme Georgescu-Roegen (1971) et Meadows et al (1972), l'activité économique croissante exige une consommation d'énergie et d'intrants toujours croissante, et ne produit en retour que de plus en plus de déchets. Ces derniers minent alors « la capacité d'absorption » de la biosphère et ont pour conséquence de dégrader la qualité de l'environnement et de diminuer le bien-être humain. La dégradation des ressources de base conduit ainsi à une mise en danger de l'activité économique elle-même en portant atteinte au potentiel de croissance économique futur. Pour ces auteurs, la seule façon de sauver l'environnement et l'activité économique est donc de stopper la croissance économique et de faire la transition vers l'état régulier.

A l'opposé de cette hypothèse extrêmement pessimiste, la Courbe Kuznets Environnementale (CKE) fait l'hypothèse d'une relation en forme de U inversé entre divers

indicateurs de la dégradation environnementale et le revenu par tête. Ceci signifie que la dégradation de l'environnement, bien qu'accentuée dans un premier temps par la croissance économique, sera découplée de celle-ci et commencera à se réduire après avoir atteint un seuil de revenu critique.

La Courbe Kuznets Environnementale (CKE) a pour origine la courbe de Kuznets (1955), qui faisait initialement l'hypothèse d'une relation entre l'inégalité dans la répartition du revenu et la croissance du revenu sous la forme d'une courbe en U inversé. Depuis le début des années 90, cette courbe en U inversé fait l'objet d'un intérêt renouvelé. Dans l'étude de Grossman et Krueger (1991) sur les impacts environnementaux potentiels de la NAFTA, puis celle de Shafik et Bandyopadhyay (1992) comme base du rapport sur le développement du monde de 1992, et celle de Panayotou (1993) pour l'Organisation Internationale du Travail, les conclusions indiquent toutes l'existence en analyses transversales d'une relation en forme de U inversé entre certains indicateurs de pollution et le revenu par tête. Panayotou (1993) est celui qui donne pour la première fois à cette relation en forme de U inversé le nom de Courbe Kuznets Environnementale à cause de sa ressemblance avec la relation en U inversé de Kuznets entre l'inégalité de revenu et le développement économique.

Cette hypothèse, au lieu de décrire la croissance économique comme une menace pour l'environnement et de préconiser l'arrêt de la croissance, montre une certaine compatibilité entre la protection de l'environnement et la croissance économique future. Elle fournit aux pays en voie de développement, soit à plus de 80% des êtres humains de la planète, la possibilité de réaliser un développement économique et de manger leur « part du gâteau » (Rees, 1990, p.435), tout comme l'ont fait leurs prédécesseurs les pays développés.

2.2. Différentes interprétations politiques possibles de l'hypothèse sur la CKE

De cette relation en forme de U inversé entre la pollution et le revenu, les économistes n'ont cependant pas tous tirés la même conclusion de politique économique. Du côté des plus optimistes, Beckerman (1992) postule que la meilleure façon d'améliorer la situation environnementale est de garder le même chemin de croissance et de supporter la phase de détérioration. Croyant que la capacité de l'offre et de la demande à assurer une amélioration de la qualité environnementale augmente avec le revenu, il conclut que : « la forte corrélation entre la croissance économique et l'étendue des mesures de protection de l'environnement adoptées montre qu'à long terme le moyen le plus sûr d'améliorer son environnement est de devenir riche ». Dans son ouvrage très controversé *The Sceptical Environmentalist*, Lomborg

(2001) nous décrit aussi le futur comme un « monde beau ». Après avoir comparé les aspects environnementaux et économiques de ce monde pour les 100 dernières années, il considère désormais que celui-ci « s'orientait fondamentalement vers la bonne direction et que la seule aide que nous pouvons apporter est de continuer à nous diriger vers ce bon processus en insister sur les priorités raisonnables (croissance économique)» (p. 350-352). Barlett (1994) va même plus loin en revendiquant que les régulations environnementales, tous comme les instruments visant à réduire la croissance économique, vont au final réduire la qualité de l'environnement.

A l'autre extrême, les pessimistes expliquent la relation en forme de U inversé par la libéralisation du commerce qui redistribue les industries polluantes entre des pays de différents niveaux de revenus. « Bien que *certeris paribus* l'ouverture puisse aider à réduire les dommages environnementaux dans les pays développés et en voie de développement, le commerce international semble avoir tendance à renforcer les impacts (de la pollution) dans les pays en voie de développement et à réduire ceux-ci dans les pays développés, et cela peut être une autre explication pour la relation en forme de CKE » (Suri et Chapman, 1998).

L'hypothèse du « havre de pollution » insiste sur l'importance de cette dernière interprétation : les pays en voie de développement ont des avantages comparatifs dans les secteurs polluants car leur niveau de revenu relativement faible ne leur permet pas d'imposer des règles de protection de l'environnement très strictes comme le font leurs partenaires plus riches. Sous le régime de libéralisation commerciale, les industries intensives en pollution ont ainsi tendance à quitter les pays développés pour venir s'implanter dans les pays en voie de développement car les contrôles sur les émissions de polluants sont moins stricts et les pénalités moins lourdes. Si la fameuse courbe en U inversé observée dans les études transversales est formée par ce même mécanisme statique, alors la réduction de la dégradation environnementale dans les pays développés est simplement compensée par une augmentation proportionnelle de la pollution dans les pays en voie de développement. Dans ce cas, la situation environnementale mondiale risque d'empirer avec la croissance, voire d'être accélérée, étant donné le retard technologique des pays en voie de développement dans ces activités. Ekins (1997) dramatise même la situation en montrant que si la réduction de la pollution dans les pays développés se réalise par un transfert de celle-ci vers les pays en voie de développement, une telle opportunité ne sera plus possible pour ces derniers dans les décennies à venir. Selon ces auteurs, être partisan de la Courbe Environnementale de Kuznets revient ainsi à empêcher la mise en place d'un mode de développement soutenable pour la planète.

De nombreux économistes ont une vue plus neutre sur la CKE et pensent que cette relation en U inversé entre la croissance du revenu et la dégradation environnementale ne capture qu'un effet « net » du revenu sur l'environnement, dans lequel « la croissance économique est utilisée comme une variable de portée générale (omnibus) qui représente un ensemble d'influences sous-jacentes, dont les effets séparés sont obscurs » (Panayotou, 2003). Sous cet angle, le lien qui permettrait à la croissance du revenu de réduire la dégradation de l'environnement n'est pas automatique.

Afin de comprendre les mystérieux mécanismes qui accompagnent et qui sont masqués par la croissance économique, de nombreux économistes ont regardé cette relation en forme de U inversé comme un fait « stylisé » et ont cherché des explications structurelles à ce phénomène : augmentation de l'efficacité de la production, technologies plus économes en pollution et en consommation, développement institutionnels, amélioration de l'efficacité du marché et de l'Etat, renforcement de la conscience collective des effets négatifs de la dégradation de l'environnement sur la santé, augmentation du consentement à payer des individus pour réduire la pollution, passage d'une structure économique dominée par des secteurs industriels intensifs en pollution à une structure dominée par les secteurs tertiaires généralement moins polluants (Panayotou, 1997; Stern, 2004; Dinda, 2004). A partir de ces différents éléments, il apparaît alors que la croissance économique n'est généralement « ni le facteur nécessaire ni le facteur suffisant pour provoquer l'amélioration de l'environnement » (Arrow et al., 1995, p.92). Cela nous rappelle que le point de retournement qui permet le découplage entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement n'est pas toujours une obligation. Par conséquent, pour certain cas de pollution, il est actuellement possible d'améliorer la situation même pour des pays ayant un niveau de revenu relativement bas.

2.3. Comparaison des différentes analyses empiriques existant sur la CKE

Depuis que les statistiques sur la qualité de l'environnement sont disponibles, l'hypothèse de la CKE sous forme réduite d'une corrélation entre le niveau de revenu et divers indicateurs environnementaux a pu être facilement testé de façon économétrique. A partir du début des années 90, la compilation et la publication de données sur la concentration et l'émission de pollution par le Global Environment Monitoring System (GEMS), la Banque Mondiale (World Development Indicator), le World Resource Institute (WRI), les bases de données environnementales de l'OCDE et des Nations Unies, ont déclenché un enthousiasme sans précédent dans la recherche sur la CKE. Depuis le premier papier de Grossman et

Krueger (1991), plus de cent papiers se sont intéressés au sujet et beaucoup d'entre eux ont confirmé l'existence d'une telle courbe.

Si la CKE peut être considérée comme un artifice statistique qui décrit la pollution et le revenu dans un diagramme à deux dimensions, dans une perspective strictement économétrique, cette corrélation de forme réduite, ignorant la causalité réelle entre ces deux indicateurs, risque d'être « fallacieuse » et est loin d'être « optimale ». Les critiques les plus fréquentes adressées aux études sur la CKE sont ainsi l'incohérence et l'incompatibilité des formes et des points de retournements trouvés dans différentes études (Haubaugh et al., 2002 ; Ekins, 1997 ; Stern et Common, 2001).

2.3.1 Une grande instabilité des résultats basés sur les expériences internationales

Le Tableau 2.1 présente par ordre chronologique 27 études de CKE pour le cas de la pollution au dioxyde de soufre (SO₂). Le SO₂ est l'indicateur de pollution atmosphérique le plus employé dans la littérature sur la CKE et nous croyons généralement que c'est l'indicateur de pollution atmosphérique local ayant la possibilité la plus élevée de suivre la trajectoire en U inversé au cours de la croissance du revenu (Stern, 2004; Cole et al, 2003; Selden et Song, 1994). Cependant, parmi les 27 études énumérées dans le tableau, seule 15 trouvent des éléments de support à l'hypothèse de la CKE et le nombre d'études fournissant une courbe de forme différente augmente avec le temps. Même parmi les papiers favorables à l'hypothèse d'une CKE, les conclusions au sujet du niveau du point de retournement montrent de grandes divergences. La comparaison détaillée entre les papiers nous indique que des explications pour ces grandes divergences peuvent être la sensibilité élevée des résultats de l'estimation de la CKE par rapport aux choix de la période de temps, l'échantillon de pays, la forme fonctionnelle et la méthode utilisée.

Tableau 2.1 Analyses économétriques de la CEK basées sur la pollution au SO₂

Auteurs	Forme CKE	Point de retournement ¹	Pays, périodes ²	Emission /Concentration	Forme fonct ^o	Autres variables	Méthode d'estimation	Principaux points	Données
Grossman et Krueger (1991)	Courbe en N	Pic : \$5000 creux : \$14000 (1985 USD)	27-52 villes de 14-32 pays, 1977, 1982, 1988	Conc.	Niveau, Cubique	Variables muettes ville, temps et pays communiste, densité de population, intensité commerciale	Panel (effet aléatoire)	Premier papier à parler de la relation CKE	GEMS
Panayotou (1993)	U inversé	\$3137 (1990 USD, taux de change nominal)	30 pays, 1982-1994	Emis.	Log., Quadratique	Densité de population	MCO	Premier papier à utiliser le nom de CKE	GEMS
Shafik (1994)	Concentration: U inversé Emission : relation croissante	Concentration: \$8000 (1990 USD PPA)	149 régions, 1961-1986	Emis. et Conc.	Log., Cubique	Variables muettes région et temps	MCO	Les indicateurs de concentration reflètent mieux la relation	Banque Mondiale
Grossman et Krueger (1994)	U inversé	Pic : \$4053 creux : \$14000	Plusieurs villes de 30 pays en 1977, 1982, 1988	Conc.	Niveau, Cubique	Densité de population, variables muettes ville et temps	Panel (effet aléatoire)		GEMS
Selden et Song (1994)	U inversé	MCO : pas de résultats FE:\$8916-8709 RE: \$10500 (1985 USD)	30 pays (22 à hauts revenus, 6 intermédiaires et 2 à faibles revenus), 1973-1975, 1979-1981, 1982-1984	Emis.	Niveau, Quadratique	Densité de population et effet fixe de période	Panel (pooling, effet fixe et aléatoire)	Bien qu'ayant trouvé la CKE, les auteurs pensent que les émissions totales ne vont pas baisser à long terme, car une grande partie de l'humanité vit dans des pays pauvres	GEMS, WRI
Shukla et Parikh (1996)	Relation monotone décroissante	--	Villes en transversale	Conc.	Niveau, Quadratique	Population de la ville, population de la ville au carré		On trouve la relation en U inversé entre la population des villes et la pollution	WRI
Cole et al. (1997)	U inversé	Log : \$6900 Niveau : \$5700	11 pays de l'OCDE, 1970-1992	Emis.	Niveau & Log., Quadratique	Intensité commerciale, variable muette temps	GLS, effet aléatoire	L'introduction d'autres facteurs a peu d'impact sur la forme de la CKE	OCDE
Panayotou (1997)	U inversé avant puis en U avec l'introduction des déterminants structurels	U inverse : \$5000 Courbe en U : creux : \$27528	30 pays développés et en voie de développement, 1982-1994	Conc.	Niveau, Cubique	Taux de croissance, densité de population, qualité des institutions, effet d'échelle, effet de composition, variable muette temps	effet fixe et aléatoire	L'inclusion de déterminants structurels peut changer la forme de la CKE. Le papier donne de nombreuses implications politiques à la CKE.	GEMS
Carson et al. (1997)	Relation monotone décroissante	--	50 états de Etats Unis, 1990	Emis.	Linéaire	Densité de population, pourcentage de population urbaine	MCO en transversal	Il serait plus intéressant de voir le changement en pourcentage à la place du changement en absolu de l'émission dans la CKE, car les différences dans les situations initiales de pollution peuvent conduire à des niveaux différents de difficultés dans les activités d'abattement de pollution	USA

Table 2.1 Analyses économétriques de la CEK basées sur la pollution au SO₂ (suite)

Auteurs	Forme CKE	Point de retournement ¹	Pays, périodes ²	Emission /Concentration	Forme fonct ^o	Autres variables	Méthode d'estimation	Principaux points	Données
De Bruyn et al. (1998)	La forme en CKE n'est pas trouvée pour tous les pays	--	4 pays, Pays Bas, GB, USA et Allemagne de l'ouest, entre 1960-1993	Emis.	Equation de croissance	Changements de composition, prix de l'énergie, chemin de croissance économique	MCO, chaque pays en estimation séparée	La CKE ne marche pas pour tous les pays, chaque pays a ses propres structure technologique, prix à l'énergie, chemin de croissance et situation d'émission	Pays Bas, GB, USA, Allemagne de l'ouest
Gale et Mendez, (1998)	Monotone décroissante	--	Ré estimation de GK (1994), même base de données mais restreinte à 1979, 34 villes dans 25 pays	Conc.	Niveau, cubique	Echelle économique de la ville, importance relative de la population de la ville, dotation relative en facteur (capital, travail et terre), politique commerciale, variable muette temps	MCO	La relation revenu-pollution devient monotone décroissante après l'introduction dans l'estimation des autres facteurs structurels	GEMS
Kaufman et al. (1998)	U inversé	MCO : \$11577 FE : \$12500 RE : \$12175	23 pays (13 développés, 10 en voie de développement) 1974-1989	Conc.	Niveau, quadratique	Densité de l'activité économique, ratio des exportations d'acier, variable muette de temps	MCO en transversal, estimateur en panel (effet fixe et aléatoire)	Indique les caractéristiques asymétriques de la relation entre revenu et pollution avant et après le point de retournement. En effet les autres facteurs, par exemple la structure des intrants énergétiques, ne suivent pas la même évolution dans les pays en voie de développement que dans les pays développés.	Nations Unies
Torras et Boyce (1998)	Courbe en N	Pic : \$3306 avec et \$3890 sans inégalités, Creux : \$14034 et \$15425 sans inégalités	18-52 villes dans 19-42 pays, 1977-1991 (Presque la même base que GK, 1994)	Conc.	Niveau, cubique	Gini, taux d'alphabétisation, droit politique et liberté civile, urbanisation, variable muette location (région résidentielle, commerçante, industrielle), densité de population	MCO	L'inclusion du Gini abaisse le point de retournement	GEMS
List et Gallet (1999)	U inversé ou en N	Système général en U inversé : \$16828, cubique : 15502 CEK individuelle pour différents Etats : \$1162-\$22462	Données de 48 Etats américains, 1929-1994	Emis.	Niveau, quadratique, cubique	Pas d'autres déterminants considérés à partir du moment où le coefficient revenu-environnement est spécifique à l'Etat	Panel à coefficients aléatoires	Que ce soit en U inversé ou en N, chaque Etat à sa propre CKE et ses points de retournement	USA
Perman Stern (1999)	Chaque pays a sa CKE, monotone croissante ou en U inversé (très fréquent)	--	74 pays (25 développés et 49 en voie de développement), 1960-1990	Emis.	Niveau, quadratique		Prise en compte des séries temporelles, cointégration	Modèle dynamique où la forme de la CKE est comprise comme une relation stable à long terme dans le vecteur de cointégration de chaque pays	A.S.L. and Association

Table 2.1 Analyses économétriques de la CEK basées sur la pollution au SO₂ (suite)

Auteurs	Forme CKE	Point de retournement ¹	Pays, périodes ²	Emission /Concentration	Forme fonct ^o	Autres variables	Méthode d'estimation	Principaux points	Données
Barrett et Graddy (2000)	Courbe en N	Pic : \$4200 Creux: \$12500 (1985USD PPA)	Même base de données que GK (1994): 27-52 villes dans 14-32 pays, 1977, 1982, 1988	Conc.	Niveau, cubique, revenu retardé	Variables muettes de liberté civile, de location, de temps, densité de population	Effet aléatoire, GLS, estimateur en panel	L'inclusion de la variable muette liberté civile influence la taille de la CEK. Presque les mêmes résultats que GK (1994)	GEMS
Bradford et al. (2000),	U inversé ou en N	U inverse : \$3055 N : Pic : \$1891, Creux : \$1531250	Même base de données que GK (1994), plusieurs villes dans 26 pays, 1977,1982 et 1988,	Conc.	Nouveau modèle	Effet temporel et technologique	Estimateur en panel (effet fixe et aléatoire)	La dérivée de la courbe en U inversé ou en N dépend de l'ordre polynomial du revenu par tête inclus	GEMS
Dinda et al. (2000)	U inversé	Jusqu'à : \$12500 (1985 USD)	39 villes dans 33 pays, 3 périodes, 1979-1982, 1983-1986 et 1987-1990, 6 pays à bas revenus, 11 intermédiaires et 16 à revenus élevés	Conc.	Niveau et Log., quadratique	Composition sectorielle (dotation en capital, K/L), taux de croissance et effet temporel, caractéristiques des sites (commerçant, résidentiel, etc.)	MCO selon certaines zones et la méthode de la moindre erreur absolue	Incluent l'effet d'échelle, de technique et de composition décrit par Grossman (1995) dans l'estimation de la CEK	Rapport du développement Mondial, BM 1992
Harbaugh et al. (2000)	S renversé	Pic: \$13741- \$20081 Creux : \$7145- \$9142	Même base de données que GK (1994) avec 10 années supplémentaires (1971-1976 et 1989-1992) et 25 nouvelles villes	Conc.	Niveau, cubique	Variables muettes de site et de temps	Estimateur en panel (effet fixe et aléatoire)	Les changements dans l'échantillon, à la fois dans le temps et les pays retenus peuvent avoir de l'influence sur les résultats de l'estimation de la CEK	GEMS
Gangadharan et Valenzuela (2001)	Non significativité de la courbe en S inversé ou en N	Creux : \$939 Pic : \$12038	51 pays : 29 en voie de développement et 22 de l'OCDE (Chine incluse)	Emis.	Niveau, cubique	Densité de population, taux d'alphabétisation et inégalité de revenu	Forme réduite d'un système à deux équations, TSLS	Le papier discute des effets de feedback potentiels de la pollution sur la santé des individus	WDI
Heerink et al. (2001)	U inversé	\$1929 avec et \$2233 sans Gini	Base de données de Shafik (1994) pour les 33 pays avec Gini	Urbain Conc.	Log., quadratique	Gini	MCO en transversal	Une augmentation des inégalités de revenus peut conduire à une amélioration de la qualité de l'environnement	n.a.
Stern et Common (2001)	Echantillon global : monotone croissant. Echantillon des pays riches : U inversé	Echantillon global : \$29360 OCDE seul : \$48920 Hors OCDE : \$303133	73 pays pour 31 années, (1960-1991) (24 pays développés et 49 en voie de développement)	Emis.	Log., quadratique	Effet fixe temporel	Estimateur en panel (effet fixe et aléatoire)	Mentionnent la sensibilité potentielle de la forme de la CEK en fonction de l'échantillon sélectionné. Les niveaux relativement bas des points de retournement trouvés dans les études sont peut être dus au fait que seul les pays riches de l'OCDE sont inclus dans l'estimation, quand les pays en voie de développement sont inclus, les points de retournement sont bien plus hauts.	A.S.L. and Association

Table 2.1 Analyses économétriques de la CEK basées sur la pollution au SO₂ (suite)

Auteurs	Forme CEK	Point de retournement ¹	Pays, périodes ²	Emission /Concentration	Forme fonct ^o	Autres variables	Méthode d'estimation	Principaux points	Données
Roca et al. (2001)	Monotone décroissante	--	1973-1996, Espagne	Emis.	Log.	Part de l'énergie nucléaire et du charbon dans l'énergie totale	Séries temporelles, co-intégration	L'hypothèse de la CEK s'affaiblit avec l'ajout de nouvelles variables	Espagne
Egli (2002)	Pas de courbe en U inversé	--	Allemagne de l'ouest, 1966-1998	Emis.	Niveau, quadratique	Structure du commerce et taux de croissance	Modèle à correction d'erreurs, GLS	Pensent que la CEK est une relation de long terme	Allemagne de l'ouest
Cole et Elliott (2003)	U inversé ou en N	Echantillon global : FE : \$5367-\$7483 RE : \$8406-11168 OCDE seul : \$5431-\$10521	26 pays, périodes de 5 ans entre 1975 et 1990	Emis.	Niveau, cubique	Impact du commerce, dotation relative en capital (K/L), termes multiplicatifs entre le commerce et d'autres déterminants de l'émission, Gini, taux d'alphabetisation	effet fixe et aléatoire	L'impact du commerce sur la CEK dépend des pays, parce que chaque pays a un avantage comparatif et un système de réglementation de l'environnement spécifique. Les différences d'échantillon n'influencent pas les résultats. Pensent que la relation en CEK est robuste et que le commerce joue ici un rôle marginal.	
Halkos (2003)	CEK non rejetée par A-B GMM, mais rejetée dans le modèle à coefficients aléatoires	Modèle à coefficients aléatoires : Total : \$2850-6230, OCDE : \$9239-9181, Hors OCDE : \$908178-\$343689 A-B GMM : Global : \$4381 OCDE : \$5648 Hors OCDE : \$3439	73 pays de l'OCDE et hors OCDE sur 31 années (1960-1990), même base de données que Stern and Common (2001)	Emis.	Log., quadratique	Taxes sur l'électricité, dette par habitant, commerce, droits politiques et autres variables listés par Agras et Chapman (1999)	Modèle en panel des coefficients aléatoires, Arellano et Bond GMM	Résultats totalement différents de Stern et Common (2001) avec d'autres méthodes. Le choix de la méthode économétrique est crucial pour le niveau du point de retournement et les implications politiques. Les coefficients sont significativement différents entre les échantillons de pays riches et pauvres.	A.S.L. and Association
Milimet et al. (2003)	U inversé	\$8000	48 Etats américains, 1929-1994	Emis.	Non défini	Aucun	Modèle PLR semi paramétrique	Le niveau estimé du point de retournement est très sensible aux hypothèses du modèle.	USA
Cole (2004)	U inversé	\$3742 sans et \$5426 avec l'inclusion des importations et des exportations "sales"	1980-1997, 18 pays de l'OCDE	Emis.	Log, cubique	Exportations nettes en proportion de la consommation, effets spécifiques pays et temps, part du secteur manufacturier dans le PIB, part des exportations (importations) des produits polluants entre les pays OCDE et hors-OCDE dans les exportations (importations) totales	Effet fixe, estimateur en panel	On ne peut exclure la possibilité que la migration des activités polluantes ne contribue pas à la formation de la CEK en U inversé.	OCDE

Note: 1. Tous les points de retournement sont convertis en dollars américains de 1985, calculés à partir de la parité de pouvoir d'achat (les données proviennent du WDI, 2002).

2. La plupart des données utilisées incluent la Chine.

a. Sensibilité de la forme de la CKE selon la période retenue dans l'estimation

La sensibilité de la forme de la CKE en ce qui concerne le choix de l'échantillon dépend en partie de la période concernée. En se basant exactement sur la même fonction d'estimation et la même base de données que Grossman et Krueger (1991), Harbaugh et al (2000) ont constaté qu'une simple prolongation de la base de données de 10 ans pouvait totalement changer les résultats et passer d'une courbe en U inversé à une autre en forme de S inversé. Un tel changement nous montre ainsi qu'il est très difficile d'extrapoler ce que l'on peut observer sur une certaine période à une trajectoire future de la relation entre revenu et pollution, car étant donné le caractère imprévisible du futur, le passage au point de retournement pourrait ne pas se réaliser si certaines conditions nécessaires et suffisantes à celui-ci n'existent plus.

b. Sensibilité de la forme de la CKE au choix des pays de l'échantillon

On peut également observer l'instabilité de la forme de la CKE à partir d'études comprenant différents échantillons de pays dans leur base de données. Un exemple frappant consiste à comparer l'étude de Stern et Common (2001) à celle de Selden et Song (1994). En utilisant seulement 22 pays de l'OCDE dans leur estimation, Selden et Song (1994) trouvent une CKE avec un point de retournement aux environs de \$8000-\$10000. En élargissant la base de données à 73 pays, avec une majeure partie des nouvelles données venant du monde en voie de développement, Stern et Common (2001) ont montré que le « point de retournement (de la CKE) devient beaucoup plus élevé quand les données des pays en voie de développement sont inclut ou estimées séparément ». Si leur sous échantillon de pays de l'OCDE reproduit un point de retournement (\$9181) assez similaire à celui de Selden et Song (1994), l'échantillon global ainsi que celui des pays hors de l'OCDE indiquent des points de retournement plus élevés : \$54199 pour l'échantillon global et \$343689 pour les pays hors de l'OCDE. D'autres comparaisons en paire confirment aussi la sensibilité de la forme de la CKE aux choix des échantillons de pays, telles que les deux études les Etats américains de Carson et al (1997) et de List et Gallet (1999), ou encore celles de Cole et al (1997) et de Kaufman et al (1998) sur des pays de l'OCDE et des pays en voie de développement. Ces résultats nous montrent l'impossibilité d'extrapoler les expériences des pays développés aux pays en voie de développement. Les auteurs de ces estimations ont ainsi tendance à croire que les pays en voie

de développement devront emprunter un chemin plus escarpé que celui qu'ont dû suivre les pays développés.

c. Sensibilité de la forme de la CKE à la mesure de l'indicateur d'environnement

Une autre source de sensibilité de la forme de la CKE est liée à la mesure des indicateurs environnementaux. Selon Kaufman et al (1998), les mesures de la dégradation environnementale tombent dans deux catégories générales : émission de polluants et concentration environnementale de polluants. Cependant, ces deux mesures illustrent différents aspects de la situation de la dégradation environnementale et aucun d'entre eux ne peut offrir une description complète des liens entre l'économie et l'environnement. « L'émission mesure directement la quantité de polluants générés par les activités économiques pendant une période sans regarder la taille de la région à partir de laquelle les polluants sont émis ». Il s'agit donc d'une mesure du flux de pollution des activités économiques. « La concentration mesure la qualité de l'environnement pour chaque unité de surface sans regarder les activités qui les émettent » ; Cette mesure de stock décrit la qualité environnementale comme le résultat final de la rencontre entre l'émission, les efforts de réduction de l'économie et les capacités d'auto purification de la nature. Etant donné que l'indicateur de concentration est un indicateur de qualité environnementale plus direct et qu'il a un rapport plus étroit avec la santé publique, Selden et Song (1994) montrent qu'il est plus facile d'obtenir une courbe en forme de U inversé avec cet indicateur qu'avec celui de l'émission. Les études décrites dans le Tableau 2.1 confirment cette proposition, et ceci particulièrement dans le cas des études les plus anciennes où les méthodes d'estimation n'ont pas joué un rôle significatif dans le changement des résultats.

d. Sensibilité de la forme de la CKE aux différentes stratégies économétriques

La plupart des études récentes sur la CKE ont fait de gros efforts pour améliorer leur efficacité économétrique en utilisant différentes méthodes d'estimation. Ces efforts peuvent être classés en quatre catégories. La première catégorie vise à identifier l'effet spécifique des pays dans la relation entre environnement et revenu. Cette stratégie a évolué dans le temps. On part tout d'abord de l'estimation des MCO en coupe transversale qui suppose une corrélation internationalement homogène dans la relation entre l'environnement et le revenu (Panayotou, 1993 et Shafik, 1994), puis à l'estimateur de données en panel qui inclut l'effet de groupes spécifiques et attribue à différents pays des poids spécifiques et finalement au modèle à coefficients aléatoires qui permet d'obtenir des coefficients spécifiques par pays pour le

revenu et le revenu au carré (List et Gallet, 1999; Halkos, 2003). Toutefois, l'amélioration de l'efficacité des estimations s'accompagne généralement d'une augmentation de la variation de la relation entre environnement et revenu entre les pays concernés, et par une perte du pouvoir de prédiction du modèle. Le deuxième type de stratégie économétrique vise « à démystifier » l'hypothèse de la CEK (Panayotou, 1997). Les papiers appartenant à ce groupe focalisent leurs efforts sur la recherche de toutes sortes de facteurs structurels fondamentaux « masqués » par la croissance du revenu, tels que la transformation structurelle, la densité de population, le progrès technologique, le développement institutionnel, l'inégalité, etc. Comme cela est mentionné dans la plupart de ces études, l'inclusion d'autres facteurs dans l'estimation de la CEK affecte la corrélation simple entre la croissance du revenu et la pollution prédite, accroissant par là l'instabilité de la forme et le niveau du point de retournement de la CEK (Cole et Elliott, 2003; Cole 2004; Roca et al., 2001; Heerink et al., 2001; Barrett et Graddy, 2000; Gale et Mendez, 1998; Kaufman et al., 1998; Torras et Boyce, 1998 et Panayotou, 1997, etc.). Le troisième groupe de stratégie considère l'indicateur de pollution et le niveau de revenu comme deux séries dont les évolutions partagent la même tendance, et explique le découplage entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement par la dynamique du progrès technique dans le domaine de la réduction de la pollution qui va plus vite que la croissance économique (De Bruyn et al., 1998; Perman et Stern, 2003). Cette recherche dynamique, basée sur les caractéristiques des séries temporelles des variables de pollution et de croissance économique, mène à une disparition totale de la courbe en U inversé et prédit une corrélation monotone croissante entre la pollution et le revenu. Le dernier type de stratégie économétrique cherche à résoudre le biais d'estimation potentiel provoqué par une fonction d'estimation prédéterminée comme carrée ou cubique. En comparant simplement les résultats d'estimation obtenus à partir de différentes formes fonctionnelles ou en utilisant des méthodes statistiques plus rigoureuses, telle que l'estimation semi ou non paramétrique, ces études montrent que la décision d'inclure ou non un terme de revenu cubique détermine en grande partie le niveau du point de retournement (Bradford et al., 2000; Milimet et al., 2003).

e. Autres facteurs pouvant influencer la forme de la CEK

La source de la pollution peut aussi expliquer la sensibilité de la CEK. Dinda et al. (2000) ont classifié les données de concentration de pollution par régions résidentielles et commerciales, et ont trouvé que le point de retournement de la CEK est beaucoup plus élevé dans les régions résidentielles que dans les régions commerciales, étant donnée la séparation

de la hausse de l'utilité provenant de la consommation de la désutilité de pollution issue de l'accroissement des activités est plus difficile à obtenir dans les régions résidentielles.

Les divers points de retournement de la CKE peuvent également résulter de la différence qui existe entre des indicateurs reflétant une situation moyenne de l'environnement pour tout un pays et ceux représentant la situation environnementale pour les seuls secteurs urbains. Considérant que de nombreuses études ont été basées sur les données de GEMS qui représentent les villes de 30 pays partout dans le monde, Selden et Song (1994) précisent que les points de retournement révélés par ces études pourraient être inférieurs au vrai point de retournement national, car c'est principalement dans les régions urbaines que les premiers efforts des contrôles de qualité de l'environnement sont mis en place.

2.3.2. Faiblesses des analyses actuelles de la CKE

La grande instabilité et la non comparabilité des analyses de la CKE basées sur des expériences internationales indiquent clairement la faiblesse de l'analyse sur un certain nombre de points.

(1) Incohérence entre les hypothèses théoriques et la réalité

La majeure partie des analyses théoriques sur les micro-fondements réussit à expliquer la formation de la CKE au cours du processus de croissance économique comme étant une tendance automatique une fois atteint un certain niveau de revenu par tête (Lopez, 1994 ; Antel et Heidebrink, 1995 ; Kriström et Rivera, 1995 ; Selden et Song, 1995 ; McConnell, 1997 ; Andreoni et Levinson, 1998 ; Munasinghe, 1999 ; ACT, 2001). Une idée commune à ces modèles théoriques est de baser leur raisonnement sur le problème de la maximisation de l'utilité d'un consommateur représentatif. Cette fonction d'utilité est supposée contenir deux éléments : l'utilité provenant de la consommation d'un bien normal C, et la désutilité issue de la pollution P. Ceci peut être exprimé comme suit

$$\begin{aligned} \text{Max}_C U &= U(C, P(C)) \\ U'_C > 0, U''_C < 0, U'_P < 0, U''_P > 0, P'_C > 0, P''_C < 0. \end{aligned} \quad (2.1)$$

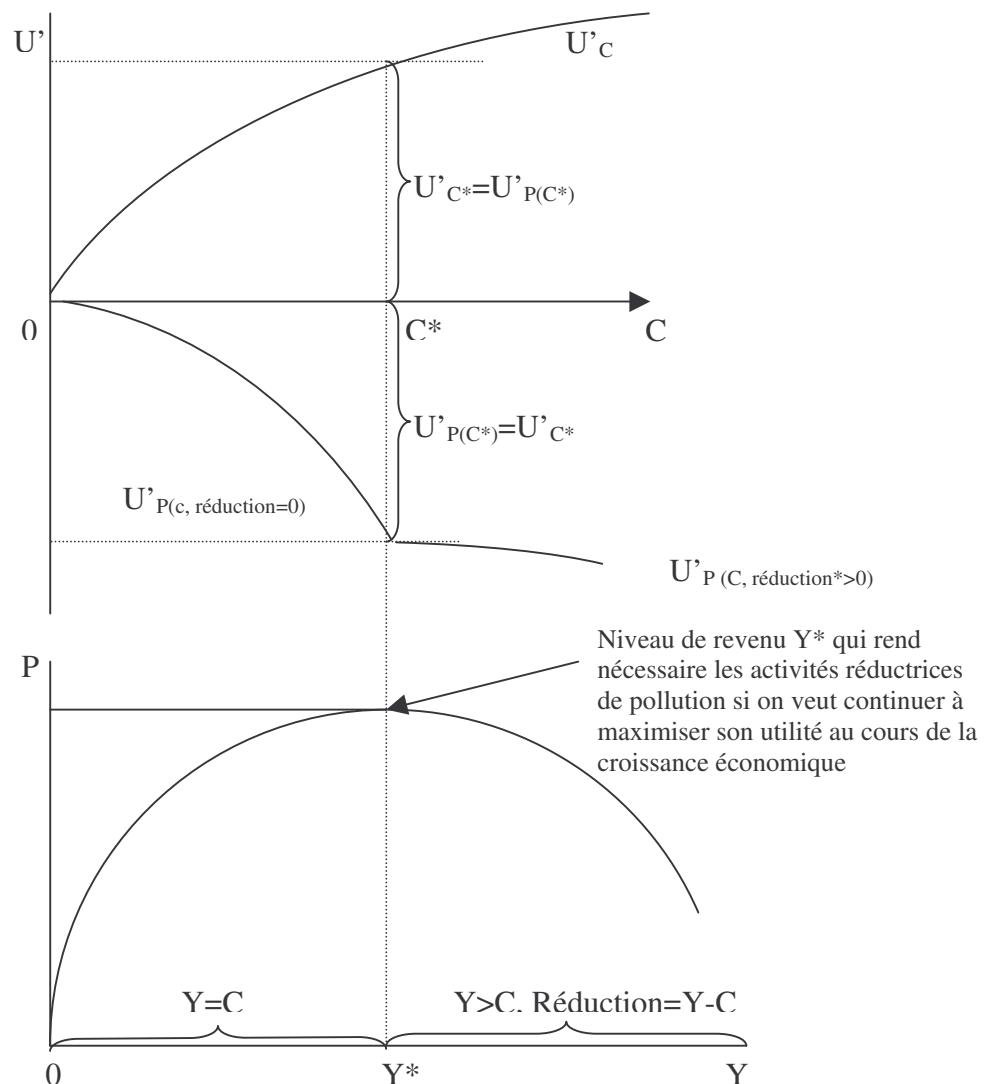
La consommation du bien normal C peut, d'un côté, augmenter l'utilité, et d'un autre côté, la réduire car la production et/ou la consommation du bien normal entraîne aussi un problème de pollution. Pour un consommateur représentatif, la maximisation de l'utilité requiert l'égalisation de l'utilité marginale de la consommation de la dernière unité du bien normal C (U'_C) à la désutilité marginale de la pollution (U'_P) relative à cette dernière unité de

consommation. Ce raisonnement dit de la règle de Samuelson, est présenté dans l'équation (2.2) :

$$U'_C + U'_P = 0 \quad (2.2)$$

L'idée de base du principe de maximisation de l'utilité est représentée dans le Graphique 2.1. Avant que la consommation n'atteigne le niveau C^* où l'utilité marginale de la consommation est égale à la désutilité marginale de la pollution, la situation est caractérisée par une utilité marginale de la dernière unité consommée supérieure à la désutilité causée par la pollution. Par conséquent, s'il y a une croissance économique, le consommateur préfère continuer d'augmenter son niveau de consommation même si son utilité augmente moins vite à cause du désagrément dû à la pollution. Il n'y a pas à ce moment d'activités réductrices de pollution ; Ce qui conduit à une relation positive entre la croissance économique et la pollution, comme le montre la partie basse du Graphique 2.1.

Graphique 2.1. Modèle théorique de la formation de la CEK



Cependant, cette relation positive entre le revenu et la pollution n'est valable que pour des niveaux de consommations inférieurs à C^* , ou encore pour un niveau de revenu en dessous de Y^* . Une fois dépassé ces points, une augmentation de la consommation apporte une plus grande désutilité de pollution que l'utilité de consommation. L'objectif de maximisation de l'utilité après le niveau de revenu Y^* oblige à prendre des mesures visant à rendre les techniques de production moins polluantes. Après ce changement, la consommation augmentera moins vite que la croissance car une partie de celle-ci servira à financer les activités de réduction de la pollution. Si de cette façon on arrive à découpler la croissance économique de la pollution, alors on obtiendra une relation en forme de U inversé.

Afin de représenter dans leurs modèles les activités visant à réduire la pollution, différents moyens théoriques ont été employés. Selden et Song (1995) ont ainsi décrit les investissements pour réduire la pollution comme une fuite directe du revenu vers ces activités; Quant à Lopèz (1994), il a intégré la réduction de la pollution dans le processus de substitution de la pollution par les facteurs conventionnels de capital et de travail.¹ Le point en commun de ces idées est que l'activité de réduction de la pollution n'est pas gratuite et qu'elle est au cœur de l'explication de la forme de la CKE en U inversé.

Bien que ces explications théoriques impliquent un découplage automatique entre la croissance économique et la détérioration de l'environnement, cette implication est en effet conditionnelle à la réalisation des trois hypothèses fondamentales suivantes : la désutilité marginale de la pollution s'accroît avec la croissance du revenu - la disponibilité et l'efficacité des techniques de réduction de la pollution s'accroissent avec le développement économique—l'existence d'un mécanisme institutionnel de prise de décision efficace garantissant le fonctionnement de l'économie suit le raisonnement de l'école néoclassique. Malheureusement, la validité de ces trois conditions n'est pas toujours vérifiée entre les pays. En réalité, la validité de ces trois hypothèses est à son tour conditionnelle aux autres caractéristiques des économies étudiées.

Premièrement, la croissance du revenu ne provoque pas nécessairement une augmentation de la désutilité marginale de la pollution. Cela dépend de la façon dont l'information sur la situation de la pollution et de ses effets négatifs est comprise par la population. La prise en compte de ces deux éléments ne dépend évidemment que très peu de la croissance économique. Pour les polluants dont l'existence ne peut pas être facilement

¹ Le capital et le travail transférés dans les activités de réduction de la pollution représentent un coût d'opportunité pour les producteurs car s'ils n'avaient pas été utilisés dans ces activités, ces facteurs avaient pu être utilisés pour augmenter le volume de production.

détectée sans l'aide d'équipements scientifiques et dont l'impact négatif n'a pas encore été prouvé par des études scientifiques, la désutilité marginale liée à ces polluants n'augmente pas nécessairement avec la croissance du revenu. C'est pour cette raison que certains auteurs incluent l'efficacité de l'information comme variable indépendante dans leurs études. Hilton et Levinson (1998) ont ainsi constaté que la diminution des émissions par les véhicules automobiles a été déclenchée par la découverte scientifique des dangers de la concentration atmosphérique de plomb sur le développement intellectuel des enfants. De même, Bimonte (2002) montre l'importance du rôle de l'accessibilité de l'information sur la pollution dans la formation de la CKE en U inversé.

Deuxièmement, même si le système de révélation de l'information sur la pollution peut promptement informer le public, en réalité, les institutions de certains pays ne peuvent pas garantir la formation d'une relation entre la croissance économique et la qualité de l'environnement qui soit en U inversé. Ceci peut être expliqué par les deux aspects suivants. D'une part, le lien automatique supposé entre la désutilité croissante de la pollution et l'ajustement de la politique de protection de l'environnement peut être perturbé par le gouvernement et/ou les défaillances du marché. Barrett (2000) précise ainsi que la qualité environnementale d'un pays ne dépend pas seulement de sa prospérité, mais également « de la capacité de ses citoyens à acquérir les informations sur l'environnement, à s'assembler, à s'organiser, et à montrer leur préférence pour un environnement de qualité », et « de la volonté du gouvernement de satisfaire la préférence du public et de changer les politiques sous la pression électorale ». Dans les pays où les libertés civiles et politiques sont relativement faibles, la capacité des populations à manifester leur mécontentement au sujet de la qualité environnementale est ainsi souvent compromise. Pour le gouvernement, l'inexistence de pression électorale peut également réduire son incitation à répondre activement à la demande publique d'un meilleur environnement. Des facteurs des deux côtés peuvent alors briser le lien « automatique » entre la désutilité de la pollution et le renforcement des politiques environnementales. D'autre part, même si le gouvernement agit comme un planificateur social et a comme objectif premier la maximisation du bien-être social, le lien entre la désutilité de la pollution et l'ajustement de la politique de contrôle peut toujours être dénaturé. Comme l'indiquent Torras et Boyce (1998), alors que l'effet négatif de la pollution est distribué plus ou moins de la même façon entre les individus, la distribution du pouvoir de décision sociale ne se réalise pas de la même manière. Cette distribution du pouvoir de décision sociale non équilibrée peut avoir tendance à exagérer l'avantage de l'activité productrice de pollution détenue par les personnes ayant un plus grand pouvoir de décision sociale tandis que les

autres souffrent d'une désutilité accrue de la pollution. Un tel phénomène peut réellement retarder la mise en place d'activités de lutte contre la pollution et par conséquent reporter l'apparition du point de retournement qui indique le découplage de la croissance économique avec la dégradation de l'environnement. En utilisant l'inégalité de revenu comme approximation de la distribution du pouvoir de décision sociale, Torras et Boyce (1998) et Bimonte (2002) ont constaté qu'une plus grande inégalité de revenu est associée à une plus grande pollution.

Finalement, même si les deux conditions précédentes sont satisfaites, il se pourrait qu'il y ait encore quelques défections institutionnelles empêchant le découplage de la relation pollution-revenu. Un exemple à cela est la possible incompetence de l'appareil institutionnel à mettre en place un système efficace de contrôle et de mise en application des règles. Prenons l'exemple de la Chine, on remarque dans ce cas que les réformes orientées vers le marché ont conduit à une remarquable croissance du ratio des entreprises privées dans l'économie. Cependant, comme le fait remarquer la Banque Mondiale (1999b), les instruments de lutte contre la pollution (contrôles, taxes...) ne sont appliqués avec efficacité que dans le cas des grandes entreprises d'Etat (SOE). Par conséquent, bien que les politiques de lutte contre la pollution se soient intensifiées en Chine au cours des années 90, cela n'a pas signifié une amélioration significative de la capacité générale de contrôle de la pollution. Par ailleurs, la réaction des pollueurs aux politiques renforcées de lutte contre la pollution dépend aussi de leur capacité technologique, qui n'est pas seulement fonction du niveau de revenu absolu mais également de la situation institutionnelle du pays. Magnani (2000), qui a étudié les déterminants des investissements en recherche et développement dans le domaine de la réduction de la pollution a ainsi conclu que pour les pays pauvres, l'inégalité pouvait être un facteur d'empêchement tout aussi important que le niveau de revenu absolu. De leur côté, Arcand et al. (2001) révèle que l'existence et la forme d'une courbe de U inversé pour la relation entre revenu et déforestation dépendent étroitement du taux de change effectif réel de chaque pays. Bhattarai et Hammig (2001) également montrent le rôle critique que peuvent avoir certaines politiques institutionnelles et macroéconomiques (tels que le choix du régime de taux de change, la politique de la dette, la politique des taux d'intérêt, la prime sur le marché noir, etc.) dans la prise de décision du gouvernement d'investir dans les domaines de recherche et développement des activités réductrices de pollution, qui ensuite affecte la forme de relation entre croissance économique et la qualité de l'environnement.

A partir de ces trois aspects, nous pouvons voir que la croissance du revenu est une condition qui n'est ni nécessaire ni suffisante à l'apparition du découplage entre la croissance

économique et la pollution. Pour des pays ayant des caractéristiques institutionnelles et structurelles différentes, la différence potentielle dans leur relation entre le revenu la pollution risque même d'être importante.

(2) Faiblesse des hypothèses de la CEK dans les analyses empiriques

En dehors des hypothèses naïves en matière d'efficacité économique et institutionnelle, l'autre type de faiblesse existant dans les analyses sur la CEK peut être trouvé dans les hypothèses empiriques.

a. Biais de simultanéité potentiel entre la croissance économique et la pollution

L'hypothèse de la CEK suppose de façon implicite la causalité unidirectionnelle du PIB vers la pollution et ignore la possibilité d'un effet de simultanéité et/ou de rétroaction de la pollution sur la croissance économique. D'après l'étude de Coondoo et Dinda (2002), il semblerait qu'il existe différentes relations de causalité selon les pays entre le revenu et l'émission de CO₂. A l'exception d'un nombre très limité de pays en Amérique du Sud, en Océanie et le Japon où la causalité se situe dans le sens du revenu vers l'émission, pour la plupart des pays développés d'Amérique du Nord et d'Europe de l'Ouest, la causalité se fait de l'émission vers le revenu, et pour la plupart des pays en voie de développement celle-ci est bidirectionnelle. Par conséquent, étant donné que « l'économie et son environnement sont déterminés conjointement » (Perrings, 1987), il est inadéquat d'estimer un modèle avec une seule équation en faisant l'hypothèse d'une causalité unidirectionnelle de l'économie vers l'environnement (Stern, 1998).

b. Confusion entre les différents processus dynamiques des pays et la relation observée en transversal

A l'origine, l'hypothèse de la CEK décrit une trajectoire dynamique de l'évolution de l'environnement face à la croissance économique pour un seul pays. Cependant, étant donné les contraintes en disponibilité de données pour l'environnement et pour certains aspects économiques, la plupart des analyses empiriques sur la CEK utilisent des bases de données transversales. D'un point de vue strictement économétrique, la courbe en U inversé trouvée par ces analyses offre seulement une description statique de la situation environnementale de pays de différents niveaux de revenu à un certain moment. Pour accorder cette courbe descriptive statique avec la trajectoire dynamique de la relation revenu-pollution dans un seul pays, nous avons besoin de faire une hypothèse supplémentaire : les pays de l'échantillon doivent suivre la même trajectoire de revenu-pollution ; De sorte que nous puissions

considérer la situation de bas revenu et d'environnement dégradé d'un pays en voie de développement des années 90 comme étant la même que celle d'un pays développé il y a 50 ans, et la bonne situation actuelle des pays développés comme le futur des pays qui auront réussi à se développer. Cependant, comme le soulignent de Bruyn et al (1998), si les données peuvent révéler l'existence d'une CEK en forme de U inversé, « il n'y a aucune raison d'anticiper que chaque pays de l'échantillon se déplacera sur cette trajectoire estimée de la CEK ». Le Graphique 2.2 explique cette idée.

En partant de la fonction d'estimation de forme réduite la plus utilisée dans le littérature sur la CEK (équation 2.3), on sait que l'incurvation de la courbe de la CEK en U inversé obtenue à partir des données internationales (appelée par la suite CEK globale) sera mesurée par les deux coefficients des termes du revenu et que son point de retournement sera égal à $-(\alpha_1/2\alpha_2)$. La hauteur de la CEK globale est déterminée par la tendance de temps linéaire α_3T et les effets spécifiques pays α_0 .

$$E_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 Y_{it}^2 + \alpha_3 T + \varepsilon_{it} \quad (2.3)$$

En suivant ce raisonnement pour chaque période, on peut imaginer que la CEK globale est une photographie de la situation actuelle du revenu et de la pollution de tous les pays de l'échantillon pour la même période, purgée des effets spécifiques pays (constants dans le temps). Pour obtenir une CEK dynamique spécifique à chaque pays (CEK individuelle), nous avons seulement besoin de relier les points appartenant au même pays sur les différentes périodes. Cette idée peut être présentée dans le Graphique 2.2. Dans le panel a du Graphique 2.2, nous faisons l'hypothèse d'une tendance de temps négative partagée par tous les pays, ainsi la CEK globale se déplace vers le bas au fur et à mesure que le temps s'écoule. La CEK globale appelée T1, T2, T3 et T4 dans le Graphique 2.2 montre les quatre CEK globales par ordre chronologique. Pour un pays A, si sa localisation sur la CEK globale à différents moments est représentée par les points noirs, alors sa CEK individuelle pourra être tracée par le trait gras qui relie ces quatre points. D'un seul coup d'œil, on voit que même si la CEK globale et la CEK individuelle sont toutes en forme de U inversé, le point de retournement de la CEK individuelle I^* est plus faible que celui de la CEK globale I_g trouvée en étude transversale.¹

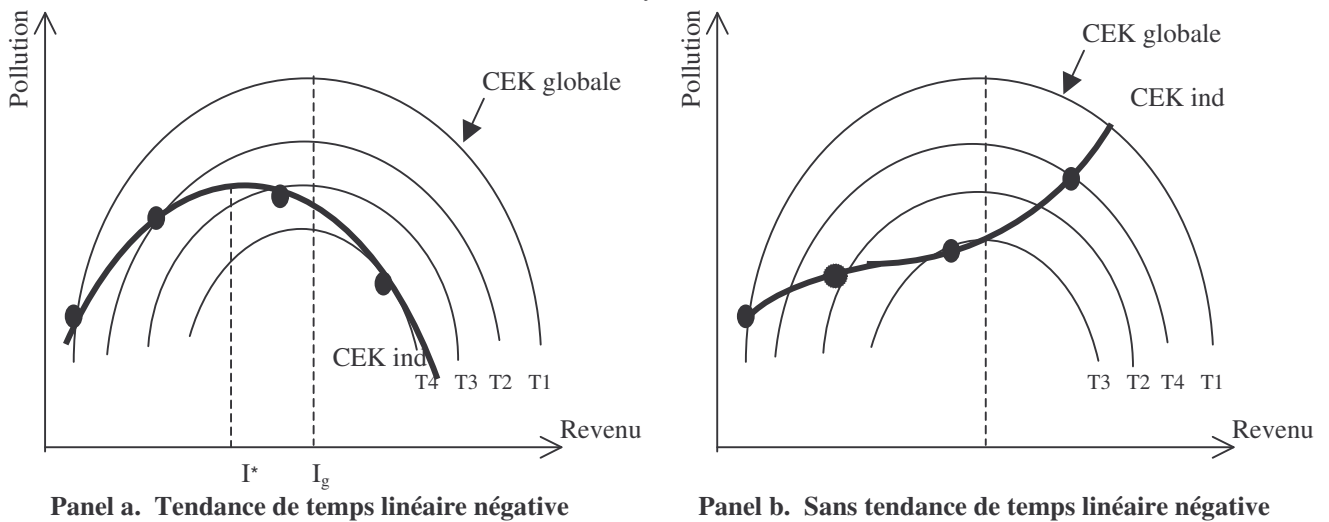
Par la suite, de Bruyn et al (1998) ont indiqué un autre cas dans lequel la CEK globale garde sa forme en U inversé mais où les CEK individuelles peuvent présenter des formes différentes. Un exemple possible est présenté dans le panel b du Graphique 2.2. Dans ce

¹ De la même manière, si nous supposons que les CEK globales se déplacent verticalement vers le haut, nous pouvons obtenir une CEK individuelle qui a un point de retournement plus élevé que celui-ci de la CEK globale.

panel, on relâche l'hypothèse de la tendance de temps linéaire négative, ainsi les quatre CEK globales n'ont plus l'obligation de descendre de façon continue dans le temps. S'il y a un choc externe tel qu'un hiver long et rigoureux, il est possible que la CEK globale de la période 4 passe au dessus des CEK globales des périodes 2 et 3. Dans cette circonstance, bien que la CEK globale soit toujours en forme de U inversé, la nouvelle CEK individuelle va croître de façon monotone avec le revenu.

Graphique 2.2 CEK globale vs. CEK individuelles

(Source : de Bruyn et al., 1998)



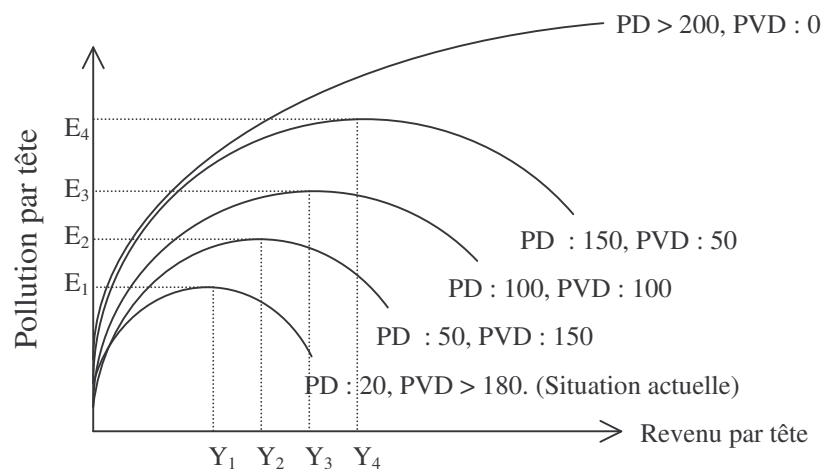
c. La libéralisation commerciale défie la caractéristique locale de l'effet négatif de la pollution

Une autre hypothèse sous-jacente à la réalisation de la CEK en forme de U inversé est que celle-ci n'est possible que pour les « polluants qui impliquent des coûts locaux à court terme (Cf. SO₂, particules et coliformes fécales), mais pas pour les accumulations de stocks de déchets ou pour les polluants qui ont des impacts à long terme plus diffus (comme le CO₂) » (Arrow et al., 1995, p.92). Ceci est notamment dû au fait qu'il est plus facile d'internaliser dans son pays d'origine les impacts négatifs de la pollution locale, d'où la nécessité de mettre en place des mesures visant à limiter cette pollution. Par contre, étant donné que l'impact négatif de la pollution globale est généralement dispersé de façon uniforme sur la planète, le principal pays émetteur de pollution va préférer se comporter comme un « passager clandestin » puisque le coût marginal pour réduire sa pollution est normalement beaucoup plus élevé que l'avantage marginal qu'il peut en tirer.

L'arrivée de la libéralisation commerciale dans les années 80 rend la séparation entre la production et la consommation possible, ce qui empêche de faire la distinction entre les

pollutions globales et locales. Certains auteurs pensent ainsi que sous l'effet de la libéralisation commerciale, les échanges transfrontaliers illimités de marchandises et de services encouragent les riches pays développés à délocaliser leurs industries polluantes vers les pays en voie de développement et à garder le même mode de consommation en important des pays en voie de développement les marchandises dont le procédé de production est intensif en pollution (Lucas et al, 1992 ; Arrow et al, 1995 ; Stern et al, 1996 ; Rothman, 1998 ; Suri et Chapman, 1998, etc.). En faisant cela, les pays développés arrivent à maintenir le niveau d'utilité de leur consommation et à se décharger du fardeau de la pollution dans les pays les moins développés—une situation très semblable à ce qui se produit dans le cas de la pollution globale, où le véritable émetteur de la pollution bénéficie de l'intégralité de l'augmentation de l'utilité et ne supporte qu'une très petite partie des conséquences négatives de la pollution. De même, pour Diwan et Shafik (1992) : « la disponibilité de technologies qui délient les pollutions locales et globales a supprimé de nombreux bénéfices automatiques de l'environnement global en renforçant les problèmes de pollutions locales. Le nord peut maintenant réaliser des améliorations de la qualité de l'environnement local mais continue à imposer les externalités négatives au niveau international ». Ou bien comme l'indiquent Pearce et Wardford (1993), « il est parfaitement possible pour une nation de sécuriser son développement soutenable—au sens de garder son propre stock de capital naturel—au dépens du développement insoutenable d'un autre pays ».

Graphique 2.3 Evolution de la relation entre le revenu et la pollution sous l'hypothèse de l'existence d'un transfert de pollution des pays riches vers les pays pauvres en situation de libéralisation du commerce international (les chiffres relatifs à PD et PVD indiquent le nombre de pays de chaque groupe)



Dans un tel cas, la réduction du niveau de pollution dans les pays développés ne serait pas due à un développement des technologies réductrices de pollution, mais simplement à un

transfert de pollution vers des pays plus pauvres. La baisse de la pollution dans les pays développés était ainsi compensée par une augmentation de la pollution dans les pays en voie de développement. Nous pouvons même penser que ce transfert conduit à une augmentation de la pollution globale étant donnée la relative inefficacité des techniques de production des pays en voie de développement par rapport aux pays développés.

Si la courbe en forme de U inversé obtenue à partir de l'expérience internationale des 30 dernières années est vraiment due à la libéralisation commerciale, alors cela ne serait qu'un phénomène passager dans la marche du temps et des pays étudiés. En effet, plus le temps avancera et plus il y aura de pays riches voulant se décharger de leur pollution sur des pays pauvres de moins en moins nombreux. Le jeu de vases communicant ainsi enclenché par la libéralisation commerciale risque d'être à ce rythme rapidement obsolète, éloignant ainsi dans le temps un point de retournement qui ne cesse de monter. Par conséquent, au moment où le dernier pays aura réussi son développement, il faudra que chaque pays s'occupe de sa propre production de marchandises polluantes. Puisque qu'en général la consommation est positivement corrélée avec le niveau de revenu, alors la relation finale entre le revenu et la pollution devrait suivre une tendance croissante. Le Graphique 2.3 illustre cette idée. PD et PVD signifient ici pays développés et pays en voie de développement.¹

d. La sensibilité de la CKE est-elle liée à une coïncidence historique ?

En dehors de l'explication de la sensibilité de la forme de la CKE par la faiblesse des estimations transversales, quelques auteurs suspectent également que la formation dynamique de la courbe en U inversé pour un pays seul ne soit due à des événements historiques spécifiques ayant pu catalyser le développement des forces pour une demande et/ou une offre pour un meilleur environnement. L'étude de Unruh et Moomaw (1998) sur la relation entre la croissance du revenu et l'émission de CO₂ en France, en Finlande et aux Etats-Unis entre 1950 et 1990, a montré que bien que ces pays aient connu une évolution différente de leur situation environnementale au cours de leur croissance économique, le « recourbement » vers le bas de l'évolution de leurs émissions s'est pour tous produit au cours des années 70, moment où la crise pétrolière a fait monter en flèche le prix du pétrole. En utilisant une base de données beaucoup plus grande (PD et PVD), Robert et Grimes (1997) trouvent également une relation en U inversé statistiquement significative mais brève au début des années 70 et

¹ Cole (2004) apporte des éléments de réponse empiriques à cette idée pour les pays de l'OCDE au cours de la période 1980-1997. Il trouve que la CEK « simple » a un point de retournement relativement plus bas que la CEK estimée à partir de la fonction qui comprend les exportations nettes de biens industriels « sales » vers les pays hors de l'OCDE et les importations nettes de biens industriels « sales » venant des pays hors de l'OCDE, tous en proportion de leur consommations totales (p.78).

qui reprend sa course ascendante à partir de 1982. Dans ce cas, si les événements historiques n'affectent pas de façon uniforme les pays, un changement de pays et de période dans l'échantillon provoquera sûrement de la variation dans les résultats d'estimation.

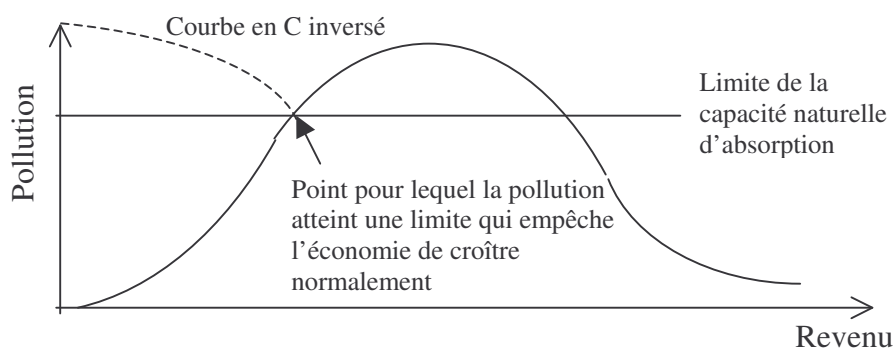
e. Explication de l'instabilité de la CKE par les attributs dynamiques du stock de ressources environnementales

En partant de l'évolution du stock de ressources environnementales, Tisdell (2001) nous montre une situation dans laquelle l'hypothèse de la CKE ne peut pas garantir un procédé soutenable de développement—une économie a la capacité potentielle d'épuiser la capacité d'assimilation de son environnement avant que son point de retournement ne soit atteint. Dans ce cas, le niveau maximal du flux de pollution prévu par la trajectoire de la CKE est plus élevé que ce que peut supporter l'écosystème. Une fois le seuil de renouvellement de l'écosystème dépassé, les changements environnementaux peuvent alors avoir de graves conséquences négatives sur le revenu et contrecarrer sa croissance. Dans ce cas, la relation entre le revenu et la pollution devrait prendre la forme d'une courbe en C renversé (Graphique 2.4).

Par conséquent, la forme de la relation revenu-pollution doit aussi dépendre de l'évolution dynamique de la capacité d'assimilation et du stock de l'environnemental des pays individus. L'hypothèse d'une CKE unique pour tous les pays ne reflète donc pas la réalité. Aujourd'hui, les pays en voie de développement font face à une situation environnementale initiale bien plus mauvaise que celle dont ont pu bénéficier leur précurseur il y a déjà plus de 100 ans quand ils ont entamé leur processus de croissance économique et d'industrialisation. Par conséquent, atténuer la pression sur l'environnement de ces pays au cours de leur croissance économique exige de plus grands efforts. Cette situation explique aussi sans doute en partie pourquoi le point de retournement de la CKE a tendance à augmenter quand plus de pays en voie de développement sont inclus dans l'échantillon.

Graphique 2.4. La courbe en forme de C inversé

(Source : Tisdell, 2001)



2.4. Analyses des CKE par pays : les PVD suivent-ils nécessairement la CKE obtenue par l'expérience internationale ?

L'idée que la CKE en U inversé issue de l'expérience internationale n'est ni optimale ni standardisée et que tous les pays ne la suivent pas nécessairement révèle des espoirs et des défis aux pays en voie de développement pour envisager une voie de développement soutenable.

Regardons d'abord les défis. Avec un niveau de revenu relativement bas, la façon dont les pays en voie de développement choisissent leur trajectoire revenu-pollution va certainement affecter de façon considérable la qualité de l'environnement mondial. Si cette relation suit l'hypothèse de la CKE et que l'on prend l'exemple de l'émission de SO₂, les analyses empiriques précédentes, basées sur une expérience internationale, prévoient alors un point de retournement de la CKE aux environs de 4000-8000 USD (prix de 1985 en PPA). Bien que la limite inférieure du point de retournement soit proche du niveau moyen de revenu par tête de la planète en 2001, seul 21% de la population mondiale vivant dans des pays relativement riches a atteint à ce jour un tel niveau de revenu.¹ Les quatre cinquièmes de la population mondiale et presque tous les pays en voie de développement se trouveraient ainsi sur la partie ascendante de la courbe en U inversé. Si on doit attendre que près de 80% de la population mondiale soit sortie du sous-développement pour commencer à voir la situation de l'environnement s'améliorer, alors on peut prédire que la situation sera à ce moment là déjà très dégradée. De plus, comme on a pu le voir dans la dernière sous-section, dans un monde où le commerce est libéralisé, les pays en voie de développement doivent s'attendre à devoir atteindre un niveau encore plus élevé de revenu pour réaliser l'harmonie entre la croissance économique et la protection de l'environnement. Le danger potentiel pour l'environnement pourrait donc être encore plus grave que celui indiqué par la littérature actuelle sur la CKE. D'ailleurs, même si le point de retournement de la CKE peut être atteint, nous n'avons à l'heure actuelle aucune idée concrète du niveau de pollution que cela pourrait représenter, et qui pourrait être déjà trop élevé pour empêcher la destruction du processus d'absorption de l'écosystème.

En outre, dans la plupart des études sur la relation entre le revenu par tête et l'émission de polluants par tête, l'arrivée au point de retournement ne prédit pas nécessairement une réduction immédiate du volume total d'émission. La projection d'émission de SO₂ faite par Stern et al (1996), et qui suit l'estimation de la CKE de Panayotou (1993), prévoit que

¹ Calculs de l'auteur à partir des informations statistiques du World Development Indicator de 2003.

l'émission moyenne mondiale de SO₂ par tête devrait atteindre son niveau maximal autour de l'année 2025. Cependant, à ce moment-là, la diminution de l'émission par tête ne s'accompagnera pas immédiatement d'une réduction du volume total d'émission car les projections de l'ONU et de la Banque Mondiale prévoient dans les pays en voie de développement une expansion de population rapide qui devrait plus que compenser la tendance décroissante de l'émission exprimée en termes de revenu par tête. Stern et al (1996) croient ainsi que l'émission totale continuera à augmenter jusqu'en 2050. Dans ces conditions, s'il existe une limite à la capacité d'absorption de l'écosystème, comme décrit par Tisdell (2002), la réduction du stock de ressources environnementales pourrait avoir des effets rétroactifs négatifs sur la capacité de croissance des pays en voie de développement. Ainsi, l'idée selon laquelle nous devrions tranquillement suivre l'expérience internationale de la CEK, supporter une augmentation de la pollution et attendre le moment de l'harmonie entre la croissance économique et l'environnement est non seulement irréaliste, mais dangereuse pour l'humanité.

Etant donné les progrès techniques déjà réalisés dans les pays développés et la conscience institutionnelle mondiale de renforcer les contrôles sur la qualité de l'environnement, il devrait être possible pour les pays en voie de développement de réaliser une trajectoire plus optimiste de la relation entre le revenu et l'environnement. Plus précisément, il devrait être possible, comme cela est suggéré par Munashinghe (1999), « de percer un tunnel à travers » ou de « franchir à saute-mouton » les périodes où l'environnement est soumis à la plus forte pression, afin de réaliser un équilibre compatible entre la croissance économique et l'environnement.

La réalisation de ces possibilités exige de nous un réexamen de la relation revenu-environnement spécifique à chaque pays. Cet effort d'analyse n'est pas rare dans la littérature existant et il peut même être classé en trois catégories. En ce qui concerne les études classées dans le premier groupe, elles acceptent toujours l'artefact de la courbe en U inversé dans la relation dynamique entre le revenu et l'environnement pour une économie, mais elles mettent en doute la crédibilité d'une extrapolation simple de l'expérience internationale au processus dynamique d'un pays individuel, étant donné l'hétérogénéité des pays en matière de techniques et de structures. Ainsi, ils choisissent d'enrichir l'estimation en panel de la forme réduite d'origine par l'ajout à côté du revenu et du revenu au carré de toutes sortes de déterminants de la pollution spécifiques aux pays, tels que la structure industrielle, le progrès technique, le degré d'ouverture, la répartition du revenu, la densité de population, le

développement politique et institutionnel, etc.¹ Le fait que l'on ait réussi à distinguer qu'une partie de la variation de la pollution n'était pas due à la croissance du revenu indique clairement l'existence d'une CKE spécifique à chaque pays. Cependant, comme ces variables pays peuvent seulement faire bouger la CKE vers le haut ou vers le bas et laissent inchangée la forme en U inversé de la CKE, selon ce groupe d'études, différents pays vont continuer à partager la même relation revenu-pollution et le même point de retournement.

Les auteurs du deuxième groupe basent toujours leurs estimations sur des données de panel internationales ou régionales, mais utilisent la méthode du système multifonction pour données de panel qui permet d'attribuer des coefficients aléatoires spécifiques à chaque pays pour le revenu et le revenu au carré (List et Gallet, 1999 ; Koope et Tole, 1999 ; Halkos, 2003). La conclusion commune de leurs études indique une différence remarquable de la forme de la CKE et des points de retournement entre les pays (ou Etats). Cependant, étant donné la complexité de la méthode d'évaluation elle-même, ces études ne permettent pas de donner une explication concrète de la façon dont ces CKE spécifiques par pays sont déterminées par les caractéristiques structurelles et/ou techniques spécifiques à ces pays.

Face à ces deux aspects des limites des études spécifiques pays de la CKE en données de panel, Stern et al (1996) postulent que la seule utilité de la CKE obtenue à partir des expériences internationales doit être de l'ordre de la « statistique descriptive ». Ils défendent ainsi qu' « une approche plus fructueuse pour analyser la relation entre la croissance économique et l'environnement devrait être basée sur les expériences historiques de chaque pays, en utilisant soit une méthode économétrique, soit une méthode qualitative ». En réponse à cette proposition, de nombreuses analyses discutant de l'existence d'une CKE dans le cas de pays spécifiques ont ainsi été réalisées. Quelques papiers se sont même penchés sur l'analyse des séries temporelles de certains pays. Cependant, comme la plupart des données sur l'environnement ne sont disponibles que depuis les années 60 et que la variation de revenu qui peut se produire en 30 ans est somme toute assez limitée, capturer en même temps les phases d'augmentation et de diminution de la pollution supposée par l'hypothèse de la CKE est une tâche qui reste assez difficile à réaliser. Nous ne trouvons ainsi que trois études confirmant l'hypothèse de la CKE avec des séries longues de données individuelles. Ce sont celles de Roca et al (2001) pour l'Espagne (1973-1996), de Friedl et Getzner (2003) pour l'Autriche (1960-1999) et de Lindmark (2002) pour la Suède (1870-1997). En dehors de la confirmation d'une grande différence dans la forme et le point de retournement de leur CKE, on peut

¹ Les revues littéraires détaillées sur les autres déterminants de la pollution ayant été inclus dans l'analyse de la CEK sont dans Dinda (2004) et Stern (2004).

également voir dans ces études que le moment du découplage entre la pollution et le revenu est déterminé par des caractères spécifiques au pays, tels que le progrès technique, l'évolution de sa structure ou encore les chocs externes comme la crise pétrolière de 1973.

Il existe également plusieurs études sur la relation revenu-pollution spécifique à certains pays en voie de développement. La stratégie de leurs auteurs pour surmonter la contrainte de disponibilité en données temporelles est de se servir de la disparité régionale en matière de croissance économique et d'employer les données régionales d'un même pays pour réaliser l'estimation en données de panel. Comparées aux études basées sur une expérience internationale, ces études sont plus intéressantes car elles se concentrent directement sur les pays en voie de développement et leur hypothèse d'une trajectoire commune pour la relation revenu-pollution est plus acceptable étant donnée que les différences régionales en matière de caractéristiques institutionnelles, techniques ou structurelles sont généralement moins importantes qu'entre les pays. Leurs analyses évitent également certaines critiques comme l'omission de pays dans la base de données et l'incomparabilité des statistiques.¹ Ces études basées à chaque fois sur un seul pays indiquent également les relations revenu-pollution très spécifiques de ces pays, qui sont en fait incomparables avec la plupart des courbes en U inversé trouvées dans les études transversales. L'étude de Vincent (1997) qui utilise des données de panel au niveau des Etats de la Malaisie sur la période de la fin des années 70 au début des années 90 et celle de De Groot et al (2004) qui analyse la pollution de l'air et de l'eau des provinces chinoises de 1982 à 1997, constatent toutes deux que des indicateurs différents de pollution suivent des trajectoires de revenu-pollution totalement différentes et que les études en transversal donnent de très mauvaise prédiction de l'évolution de la pollution. Par exemple, Vincent (1997) conclut que la concentration ambiante de certains polluants qui devait selon les prédictions de la CKE internationale diminuer a en fait augmenté (TSP et azote ammoniacal), alors que pour d'autres c'est le contraire (BOD). De même, De Groot et al (2004) obtiennent une relation toujours décroissante entre les rejets industriels d'eau usée et la croissance du revenu alors que cette relation est toujours croissante pour l'émission de gaz et les rejets industriels de solides.

¹ Comme l'indique Stern (2004), le choix du taux de change pour déflater le revenu par tête de différents pays peut largement influencer l'estimation du point de retournement.

2.5. Réexaminer l'hypothèse de la CKE pour le cas des émissions industrielles de SO₂ en Chine

A ma connaissance, il n'existe jusqu'ici que deux papiers parlant de la relation entre la croissance économique et la pollution de l'environnement en Chine. Le premier est celui de Auffhammer (2002), qui se concentre sur le problème des émissions de CO₂. Le second est celui de De Groot et al (2004), dont l'analyse est basée sur les rejets industriels de gaz, d'eau usagée et de déchets solides. Bien que dans Auffhammer (2004) les émissions de CO₂ aient été extrapolées à partir des données sur les rejets de gaz et que les deux papiers aient pris soin de considérer les caractéristiques dynamiques de la relation entre le revenu et la pollution, leurs résultats ne sont pas comparables étant donné que chaque papier s'est intéressé à un aspect différent de la relation et a utilisé une méthode empirique différente. De Groot et al (2004) se concentrent principalement sur les différences entre les provinces, tandis qu'Auffhammer (2002) est plus intéressé par la vitesse du progrès technique spécifique à chaque province qui devrait lui permettre de faire une meilleure prévision de la situation future des émissions de CO₂. En outre, étant donné que ces deux papiers ont surtout concentré leur attention sur la relation pure entre le revenu et la pollution, leurs tentatives auxiliaires pour comprendre les déterminants structurels des effets fixes et du progrès technique spécifique à chaque province sont relativement limitées. Par conséquent, je vais dans cette partie réexaminer l'hypothèse de la CKE pour le cas de la Chine en partant d'une perspective plus structurelle, en espérant ainsi pouvoir combler une partie du vide analytique existant sur la question.

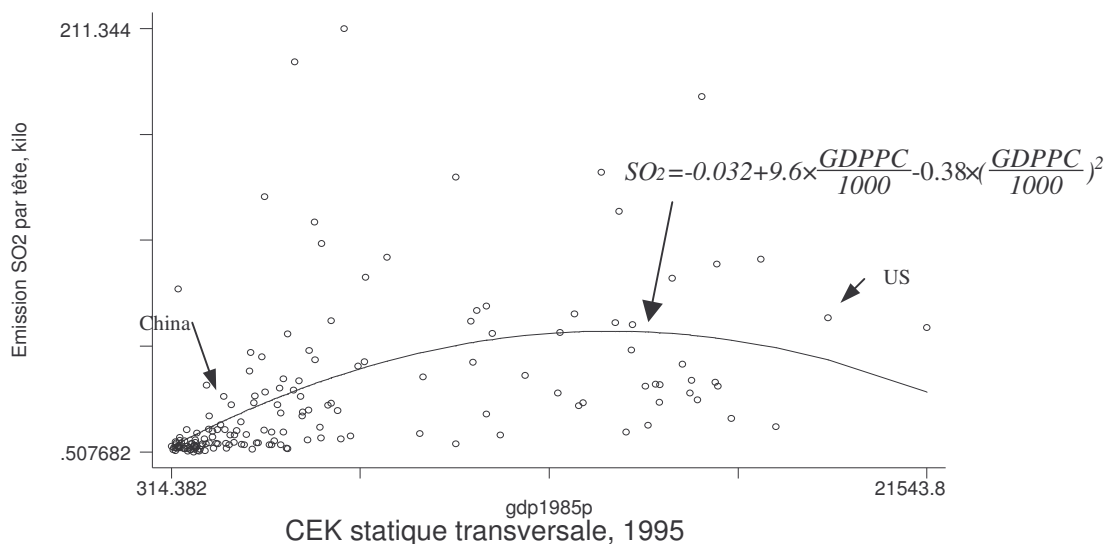
2.5.1 Comparaison de la situation actuelle de la Chine avec celle prévue par les analyses précédentes de la CKE

Alors que le succès de la réforme économique de ces 25 dernières années a permis aux chinois d'accroître de façon spectaculaire leur niveau de revenu et leur condition de vie, la Chine continue à être un pays à bas revenus. Son PIB par tête, bien qu'il ait triplé depuis 1978 atteint seulement 944 USD au cours du taux de change officiel de 2003, et 2387 USD en termes de parité de pouvoir d'achat à prix constant de 1985. Le désir actuel des chinois pour une meilleure qualité de l'environnement s'associe donc à une forte ambition pour de meilleurs revenus et une meilleure vie matérielle. Le Graphique 2.5 nous montre la distribution par tête de l'émission de SO₂ par rapport au revenu dans 178 pays en 1995. Les positions de la Chine et des Etats Unis sont indiquées par une flèche. Il apparaît clairement

que la Chine est située en bas du spectre. Par conséquent, s'il est obligatoire pour la Chine de suivre cette trajectoire prédite, les émissions de SO₂ vont croître jusqu'à ce que le niveau de revenu par habitant atteigne le point de retournement, soit 12464\$ dans le cas du Graphique 2.5 ou 4400\$-7100\$ si on considère les estimations de la littérature.¹ De plus, comme on peut le remarquer sur le Graphique 2.5, la Chine se situe bien au-dessus de la courbe en U inversé, ce qui signifie que pour un même niveau de revenu la Chine a une situation environnementale bien plus dégradée que les autres pays.² Compte tenu de cette situation, une CKE spécifique à la Chine va-t-elle prédire une situation de pollution pire que celle décrite par la CKE internationale ? Ou alors, comme le disent Stern et al (1996), la CKE globale est une spécification erronée et la Chine possède en fait sa propre relation entre le revenu et la pollution, fonction de son histoire, de sa géographie et de situation politique et économique. En espérant pouvoir répondre à ces questions dans les parties qui vont suivre, nous allons nous concentrer sur les émissions industrielles de SO₂ en Chine pour re-estimer l'hypothèse de la CKE.

Graphique 2.5 Corrélation transversale entre l'émission de SO₂ par tête et le PIB par tête

(Source des données : Pour l'émission de SO₂ par tête, National Institute for Public Health (RIVM) et Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO), 2001. Base de données électronique disponible en ligne sur : <http://arch.rivm.nl/env/int/coredata/edgar/>. Pour le PIB par tête, World Development Indicator, prix constants de 1985 en USD, PPA)



¹ Les données d'origine de Dasgupta et al. (2002) sont en prix constants de 1990. Nous avons fait la transformation des prix constants de 1990 à ceux de 1985 pour faciliter les comparaisons.

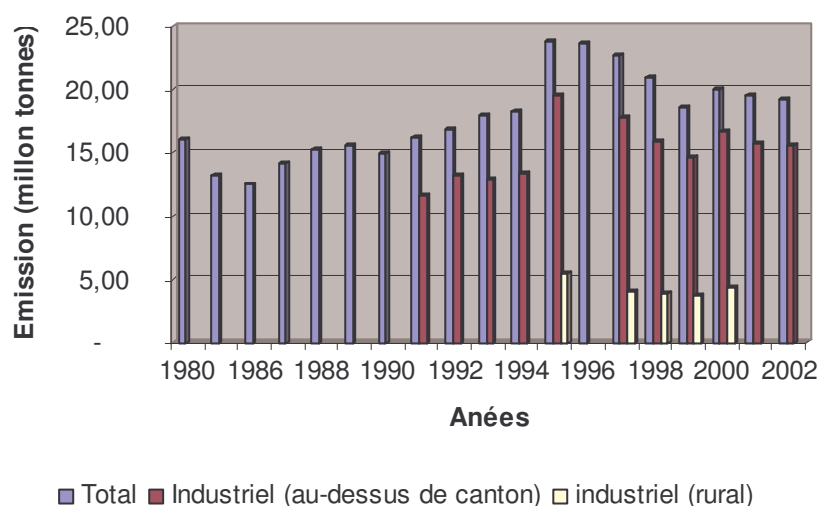
² Ceci est peut être dû à une dotation déséquilibrée en énergie qui montre en Chine une évidente domination des réserves en charbon dont la combustion produit plus de polluants que les autres énergies comme le gaz naturel ou le pétrole.

2.5.2 Pourquoi choisir les émissions industrielles de SO₂ en Chine comme indicateur de l'environnemental ?

Le choix des données de panel par provinces pour effectuer notre analyse sur l'émission industrielle de SO₂ est dû à deux considérations. Premièrement, la pollution au SO₂ est le cas de pollution le plus étudié dans la littérature sur la CEK. Etant donnée sa caractéristique de pollution locale, beaucoup d'auteurs la considèrent comme le cas de pollution ayant la plus grande possibilité d'illustrer une trajectoire en U inversé pendant la phase de croissance du revenu. Se concentrer sur cette pollution facilite par ailleurs la comparaison entre nos résultats et ceux trouvés dans les études précédentes. Deuxièmement, depuis 1978, l'émission de SO₂ en Chine a rapidement augmenté avec la croissance économique et est devenue une des sources de pollution atmosphérique les plus importantes. L'aggravation du problème des pluies acides et l'augmentation de la prévalence des maladies respiratoires, qui coûtent chaque année des points de croissance à la Chine, sont ici les deux conséquences les plus importantes de ce cas de pollution.¹

Graphique 2.6 Evolution de l'émission de SO₂ durant la période des réformes

Source des données : China Energy Databook 5.0 et 6.0 et China's Environment Statistics Yearbook



Pourquoi choisir de se concentrer uniquement sur l'émission *industrielle* de SO₂ ? La première raison est que l'activité industrielle est la source principale d'émission de SO₂ en Chine. Le graphique 2.6 montre ainsi que l'émission industrielle de SO₂ a toujours occupé près des trois-quarts de toute l'émission de SO₂ et que la source principale de la variation de l'émission de SO₂ vient également du secteur industriel ; L'émission des autres sources restant

¹ Banque Mondiale (1999)

assez stable dans le temps. Deuxièmement, en se concentrant sur l'émission industrielle de SO₂, nous aurons plus tard la possibilité de nous servir des données détaillées de l'émission de SO₂ et de la consommation d'énergie au niveau des secteurs industriels ; Ce qui constitue dans les chapitres suivants une étape importante de notre recherche sur le rôle de la composition industrielle et des caractéristiques techniques dans la variation de l'émission de SO₂.

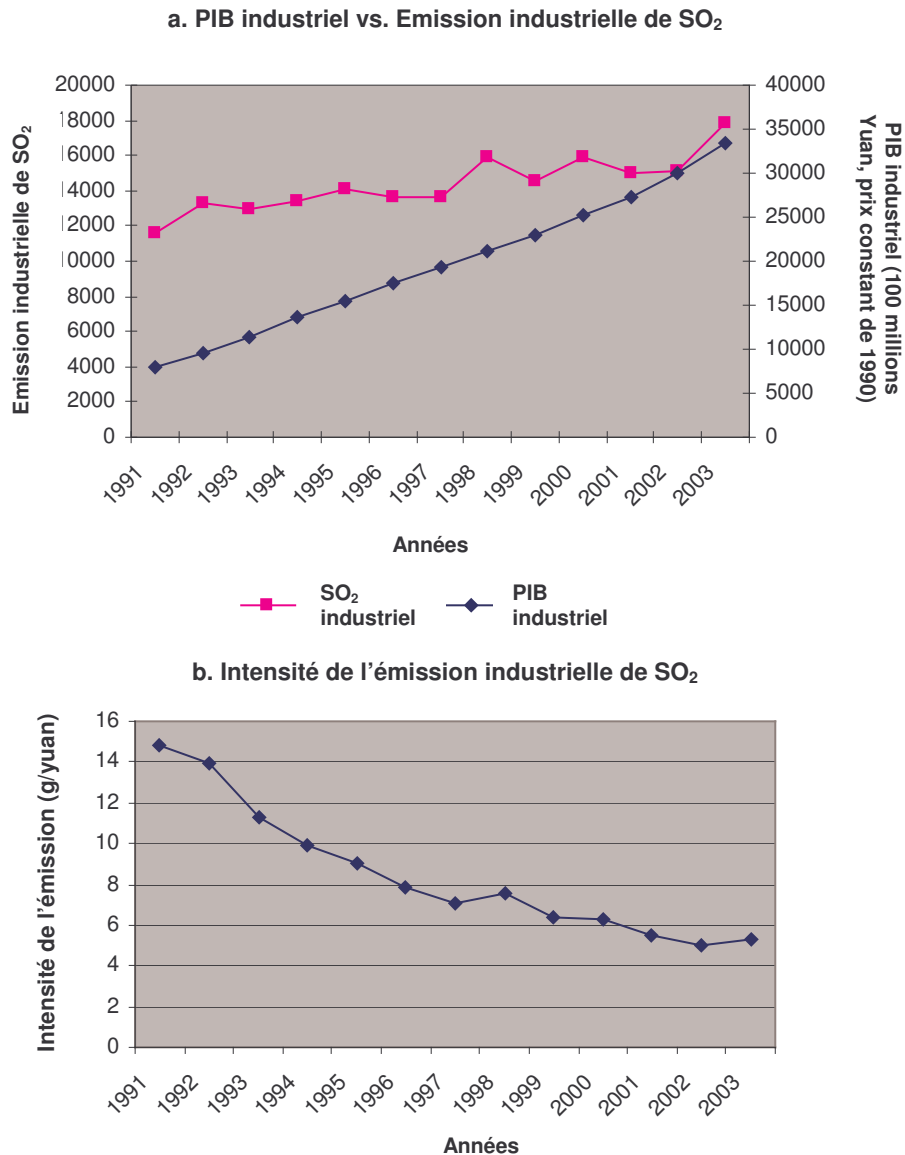
2.5.3 Amélioration de la situation de l'émission industrielle de SO₂ en Chine

Avant de commencer l'analyse de la CKE pour le cas de l'émission industrielle de SO₂, nous allons d'abord présenter l'évolution de l'émission de SO₂ et de la croissance de l'industrie au cours des 15 dernières années de réformes économiques. Bien que le Graphique 2.5 indique que la Chine est toujours sur la pente ascendante de la CKE et qu'elle se situe en un point relativement au-dessus de celle-ci—ce qui révèle sa très mauvaise gestion de l'environnement—la comparaison dynamique au cours des années 90 montre que la Chine a accompli un réel progrès dans ses activités de lutte contre la pollution et que cette tendance se poursuit encore aujourd'hui.

Le Graphique 2.7 nous montre l'évolution du PIB industriel total et son émission de SO₂ depuis 1991. Bien que les deux indicateurs illustrent une tendance haussière, la vitesse d'augmentation du PIB industriel est beaucoup plus forte que celle de l'émission de SO₂. Un tel résultat indique que l'intensité des émissions industrielles de SO₂ suit une tendance décroissante (panel b du Graphique 2.7). Par conséquent, il est possible de dire que dans le processus de croissance économique chinois, le coût environnemental pour une unité de PIB décroît avec le temps.

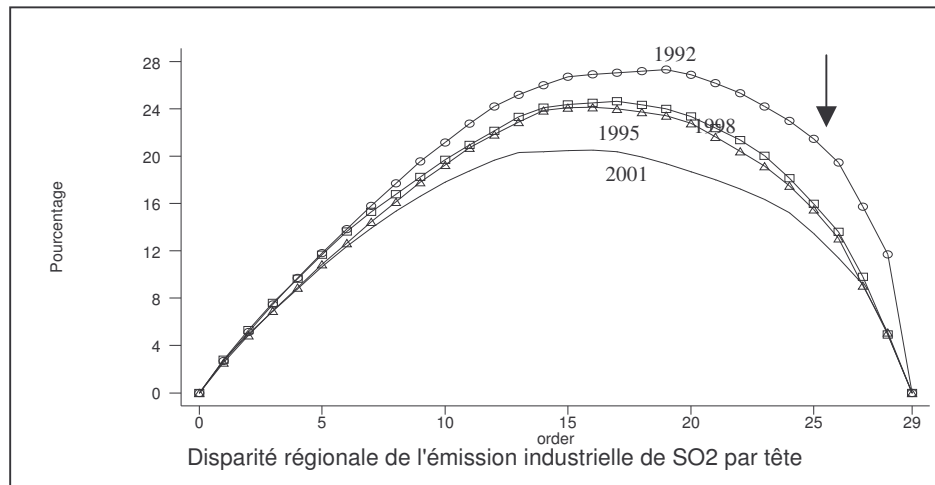
Graphique 2.7 Evolution du PIB industriel et du SO₂ industriel en Chine

(Source des données: China Statistic Yearbook et China Environment Yearbook)



Comme dans le chapitre 1 où nous avons montré par une sorte de courbe de style de Lorenz un accroissement de la disparité régionale dans certains domaines économiques, nous faisons dans le Graphique 2.8 le même type d'illustration pour montrer comment a évolué durant les années 90 la disparité entre les provinces en matière d'émission industrielle de SO₂. A l'opposé de ce qui se passe dans les domaines économiques, les disparités régionales en matière d'émission de SO₂ ont ici tendance à se réduire depuis 1992.

Graphique 2.8 Evolutions dans la disparité régionale de l'émission industrielle de SO₂ par tête
(Data source : China Statistic Yearbook, 1990-2002)



2.5.4 Analyse empirique : existe-t-il une CKE pour le cas de l'émission industrielle de SO₂ en Chine ?

Etant donné l'émission de SO₂ a montré en Chine des signes d'amélioration, existe-t-il une possibilité de trouver une CKE qui puisse retracer cette tendance ? Si une telle relation existe entre le niveau de revenu et l'émission de SO₂, à quel moment se produira le découplage ? La CKE spécifique à la Chine est-elle cohérente avec celles trouvées au niveau international ? Pour répondre à ces questions, nous allons réaliser une estimation de la CKE sur un panel de 29 provinces chinoises entre 1992 et 2003.

(1) Construction de l'indicateur d'environnement

En plus de l'utilisation de l'émission industrielle de SO₂ par tête comme variable dépendante dans notre estimation, nous allons aussi vérifier s'il existe une courbe en forme de U inversé pour un autre indicateur environnemental : la densité d'émission. La densité d'émission est calculée en divisant l'émission industrielle annuelle de SO₂ par la surface de la province. Il y a un double intérêt à analyser cet indicateur environnemental. Premièrement, comme la surface de chaque province est constante au cours des années, cet indicateur conserve la caractéristique principale de l'émission industrielle totale de SO₂ pour chaque province, ce qui est dans l'intérêt central de cette thèse puisque la qualité environnementale finale et la capacité d'absorption de l'écosystème sont déterminées par le volume *total* d'émission. Deuxièmement, la densité d'émission dans une province peut également être réécrite comme étant le produit de l'émission par tête et de la densité de population (Cf. Equation 2.4). Comme une même quantité d'émission pose plus de problèmes de santé dans

une province avec une population plus dense, l'évolution de la densité d'émission peut ici refléter certaines caractéristiques de la concentration de la pollution. Par conséquent, l'analyse de cet indicateur d'émission va également nous permettre d'extrapoler les impacts potentiels de la pollution sur la santé, ce qui est une question centrale sur la capacité d'une économie à se développer de façon soutenable.

$$\frac{Emission}{Surface} = \frac{Emission}{Population} \times \frac{Population}{Surface} = \frac{Emission}{Population} \times \text{Densité de population} \quad (2.4)$$

(2) Existence de la CEK — Analyse de la forme réduite

Le Tableau 2.2 présente les statistiques de toutes les données utilisées dans les chapitres 2 à 7. Etant donné que cette base de données couvre 29 provinces chinoises sur la période la plus importante des réformes économiques (1992-2003), nous avons une amplitude très large dans la valeur de nos indicateurs économiques et de pollution, ce qui constitue une condition nécessaire à l'obtention d'une CEK robuste.

Tableau 2.2. Statistiques descriptives des données utilisées dans l'analyse de la CEK

Variabiles	Définition des variables	Unités	Obs.	Moyenne	Erreurs Standards.	Min	Max
so2pc	Emission industrielle annuelle de SO ₂ par tête	kg/personne	348	13,225	8,173	2,331	58,914
so2den	Densité d'émission industrielle annuelle de SO ₂	g/m ²	348	5,608	10,629	0,021	69,836
so2int	Intensité de l'émission industrielle annuelle de SO ₂	g/yuan	348	13,061	13,911	1,598	137,816
GDPPC	PIB réel par tête	Yuans/personne	348	4145,761	2932,655	913,6758	19053,71
K/L	Ratio capital travail	Yuans/personne	348	62477,85	58781,88	4883,607	302040,8
Scale	Densité de PIB industriel	Yuans/m ²	348	1,300	3,661	0,003	32,254
Open	Degrés d'ouverture ou intensité commerciale ((X+M)/PIB)	Percent	348	28,132	33,657	4,006	192,843
Popden	Densité de population	Personnes/km ²	348	360,742	431,866	5,917	2759,878

(1) Toutes les variables en valeur sont exprimées en Yuans de 1990 à prix constants.

(2) Le stock total de capital industriel est calculé par la méthode de l'inventaire permanent en utilisant les valeurs réelles des données d'investissements fixes (aux prix constants de 1990) pour chaque province et chaque année, déflaté par l'indice des prix correspondant aux investissements fixes. Plus de détails sur cette méthode sont dans Wu (1999).

(3) Les données des exportations et des importations sont au niveau provincial et non au niveau des secteurs industriels. Etant donné ce qui nous intéresse est l'impact des exportations et des importations sur l'émission, nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire d'utiliser les données correspondantes au niveau industriel pour atteindre cet objectif.

(4) Source des données : *China Statistic Yearbook* (1985-2004).

Notre première tâche consiste donc à rechercher l'existence d'une relation en forme de U inversé entre l'émission industrielle de SO₂ par tête et le revenu par tête. Pour cela nous utilisons une fonction d'estimation de forme réduite (Equation 2.5), qui met directement en relation l'émission industrielle de SO₂ par tête ($so2pc_{it}$) avec le PIB par tête ($GDPPC_{it}$).

$$so2pc_{it} = X_i + \beta_t + a_1 GDPPC_{it} + a_2 (GDPPC_{it})^2 + a_3 trend + \varepsilon_{it} \quad (2.5)$$

Les indices i et t représentent les provinces et les années. X_i indique les effets spécifiques provinciaux constants et non mesurables. β_t désigne les effets spécifiques temps, qui

permettent de prendre en compte les chocs stochastiques communs à toutes les provinces dans différentes périodes. Une variable muette de temps t est aussi inclut pour capturer la tendance commune dans l'évolution dynamique de l'émission de SO₂ entre les provinces. Les résultats de l'estimation sont présentés dans le Tableau 2.3.

Tableau 2.3. Régressions sur l'émission industrielle de SO₂ par tête

	Modèle simple : Quadratique		AD(1,0) : Quadratique		Modèle simple : Cubique		AD(1,0) : Cubique	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF
GDPPC (1/1000)	2,090 (4,04)***	2,159 (4,49)***	1,339 (2,72)***	1,523 (2,89)***	3,573 (3,13)***	4,529 (3,50)***	4,199 (4,01)***	5,699 (3,51)***
GDPPC² (1/1000) ²	-0,117 (5,41)***	-0,122 (6,41)***	-0,075 (3,48)***	-0,083 (3,52)***	-0,270 (2,52)**	-0,349 (2,99)***	-0,349 (3,73)***	-0,463 (3,28)***
GDPPC³ (1/1000) ³					0,005 (1,45) ^o	0,007 (2,04)**	0,008 (2,84)***	0,012 (2,74)***
so₂pc_{t-1}			0,670 (4,34)***	0,621 (4,09)***			0,500 (3,72)***	0,472 (3,75)***
trend	-0,090 (0,67)	-0,095 (0,48)	0,180 (1,49) ^o	0,145 (1,24)	-0,248 (1,44) ^o	-0,379 (1,59) ^o	-0,143 (0,91)	-0,366 (1,99)**
Constante	9,556 (5,38)***		0,329 (0,14)		7,254 (3,04)***		-2,043 (0,72)	
R-carré	0,0059	0,1716	0,1028	0,3029	0,0076	0,1810	0,0601	0,3156
F test		4,88		9,26		4,82		9,09
AR(1)	1,6996	1,4437	1,5158	1,5297	1,7017	1,4448	1,5410	1,5475
Breuch-pagan		1269,76 (0,000)		1290,93 (0,000)		1241,11 (0,000)		1265,77 (0,000)
Hausman		63,80 (0,000)		1,50 (1,000)		1,45 (1,000)		6,61 (0,949)
P. retournement province (P)	8931,62 (1057)	8848,36 (883)	8926,67 (1338)	9174,70 (954)	8803,51 (142894)	9081,50 (10926)	8909,64 (9307)	9618,82 (13117)
P. retournement point (Creux)	--	--	--	--	26634,08 (37377)	22825,79 (26706)	18542,61 (18932)	17084,25 (22866)
Observations	348	348	319	319	348	348	319	319
Provinces	29	29	29	29	29	29	29	29

- ^o significatif à 15%, * significatif à 10%** significatif à 5%; *** significatif à 1%. Valeur absolue des statistiques de student entre parenthèses.
- Les chiffres indiqués dans les parenthèses au-dessous du point de retournement sont les erreurs standards. Ils sont calculés selon la méthode Delta. Plus de plus amples information sur cette méthode voici Greene (2002, pp.913-914).
- EA signifie l'effet aléatoire et EF l'effet fixe.
- AR(1) est le test de Durbin-Watson pour l'auto-corrélation de premier ordre. Breush-Pagan est utilisé pour tester l'effet spécifique province. Hausman test est utilisé pour comparer l'efficacité de l'effet aléatoire à celle de l'effet fixe.
- La méthode d'instrumentation employée dans le modèle AD(1,0) pour le SO₂PC_{t-1} est développée par Balestra et Nerlove (1966) pour « le modèle en panel linéaire dynamique avec effet fixe ».

Dans nos régressions en panel nous utilisons alternativement les effets fixes et les effets aléatoires. Les colonnes Modèle simple présentent les résultats des estimations basées sur l'Equation 2.3 et les colonnes AD(1,0) les résultats pour lesquels le problème de corrélation sérielle de premier ordre a été corrigé par l'inclusion de la variable dépendante retardée so_{pcit-1} instrumentée.¹ Pour tester les possibles tendances d'une re-croissance de la CKE après le

¹ La méthode d'instrumentation utilisée est celle développée par Balestra-Nerlove (1966) pour « le modèle en panel linéaire dynamique avec effet fixe ». Pour de plus amples détails, consulter P. Sevestre et A. Trognon (1996, chapitre 7)

par tête et de la densité de population, alors nous introduisons la densité de population comme variable explicative supplémentaire dans l'équation 2.6.

$$so_2den_{it} = \alpha_0 + \beta_1 X_{it} + \alpha_1 GDPPC_{it} + \alpha_2 (GDPPC_{it})^2 + \gamma denpop_{it} + \alpha_3 trend_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2.6)$$

Les résultats d'estimation basés sur cette fonction sont rapportés dans le tableau 2.4. Alors que les résultats obtenus avec l'émission de SO₂ par tête indiquent un point de retournement aux environs de 9000 yuans, ceux sur la densité de l'émission industrielle de SO₂ semblent être incapables de soutenir l'hypothèse de la CEK. Des trois estimations basées sur l'échantillon complet de 29 provinces, ni le modèle carré, ni le modèle cubique, n'obtiennent de coefficients significatifs pour le revenu par tête. Nous trouvons seulement un coefficient significativement positif (0,391) pour le modèle linéaire. Cela doit-il pour autant signifier que la croissance économique conduit à une augmentation de la densité de l'émission industrielle de SO₂ ?

Tableau 2.4. Régressions sur la densité d'émission industrielle de SO₂

	Echantillon complet			26 provinces		3 villes	Modèle combiné	
	EF	EF	EF	EF	AB	EF	EF	AB
GDPPC (1/1000)	0,935 (1,50) ^o	0,420 (1,01)	0,391 (2,45)**	2,305 (4,63)***	2,372 (2,30)**	4,055 (2,05)*	1,085 (1,38)	2,310 (2,14)**
GDPPC² (1/1000)²	-0,051 (0,78)	-0,004 (0,16)		-0,333 (4,71)***	-0,309 (2,35)**	-0,075 (1,26)	-0,123 (1,08)	-0,198 (2,18)**
GDPPC³ (1/1000)³	0,002 (0,62)			0,017 (4,85)***	0,015 (2,52)**		0,007 (1,18)	0,008 (2,58)***
City×GDPPC							2,055 (1,17)	2,006 (3,65)***
City×GDPPC²							-0,133 (1,27)	-0,103 (3,22)***
SO_{2d}den_{t-1}	0,057 (0,28)	0,087 (0,40)	0,036 (0,30)	0,172 (1,64) ^o	0,116 (0,72)		0,055 (0,34)	-0,019 (0,14)
popden	-0,022 (2,62)***	-0,021 (2,50)**	-0,023 (5,90)***	0,023 (5,68)***	0,018 (2,82)***	-0,019 (3,22)***	-0,022 (2,87)***	-0,024 (5,92)***
trend	-0,031 (0,41)	0,030 (0,37)	0,033 (0,61)	-0,158 (3,46)***	-0,175 (1,79)	-1,743 (2,11)**	-0,011 (0,17)	-0,207 (1,21)
R-carée	0,5420	0,5420	0,5403	0,5011		0,8338	0,5522	
F test	21,70	23,33	25,05	16,40		6,81	19,80	
AR(1)	1,9831	1,9907	1,9768	1,4745	-2,96 (0,0031)	2,5005	2,0349	-1,75 (0,0803)
AR(2)					1,36 (0,1745)			0,84 (0,4011)
Breuch-pagan	765,33 (0,000)	854,17 (0,000)	943,16 (0,000)	1163,54 (0,000)		13,41 (0,0003)	574,83 (0,000)	
Hausman	138,11 (0,000)	152,86 (0,000)	400,86 (0,000)	15,37 (0,000)		--	180,36 (0,000)	
Sargan					18,24 (1,000)			21,00 (1,000)
P. retournement province (P)	--	52500 (277071)	--	--	--	--	--	--
P. retournement province (T)	--	--	--	--	--	--	--	--
P. retournement ville (P)	--	52500 (277071)	--			27033,33 (7614)	--	--
Observations	319	319	319	286	260	36	319	290
Provinces	29	29	29	26	26	3	29	29

1. ^o significatif à 15%, * significatif à 10% ** significatif à 5%; *** significatif à 1%. Valeur absolue des statistiques de student entre parenthèses. 2. Les chiffres indiqués dans les parenthèses au-dessous du point de retournement sont les erreurs standards. 3. EF désigne l'estimateur panel à effet fixe, AB l'estimateur en GMM dynamique pour panel à effet fixe de Arellano et Bond (1991). 4. Dans le modèle combiné, nous distinguons les coefficients des termes de revenu entre villes et provinces. Les coefficients de revenu pour les provinces sont simplement ceux trouvés pour les termes de revenu. Pour les villes, nous avons besoin d'additionner le GDPPC et GDPPC×city.

Tableau 2.5. Statistiques des provinces pour le PIB par tête, la surface et la densité de l'émission en 2003

Province	PIBPT (Yuans)	Surface (km ²)	Densité de SO ₂ (kg/km ²)
SHANGAI	19054	6200	50,909
TIANJIN	13242	11302	20,366
BEIJING	13133	16814	6,781
ZHEJIANG	11000	101792	6,948
GUANGDONG	10799	177806	5,929
JIANGSU	9944	102578	11,488
FUJIAN	8482	121471	2,413
SHANDONG	8436	153126	10,058
LIAONING	8303	145803	4,371
HEILONGJIANG	5587	473414	0,603
JILIN	5572	188000	0,630
HUBEI	5482	191389	2,836
HAINAN	5405	33977	0,661
HEBEI	5394	187964	6,357
MONGOLIE INTERIEURE	4889	1204642	0,945
XINJIANG	4647	1635210	0,137
SHANXI	4376	156120	6,619
ANHUI	4196	139510	2,906
JIANGXI	4152	166758	2,349
QINGHAI	4052	779141	0,065
HUNAN	3947	210151	3,195
HENAN	3799	166867	5,404
GUANGXI	3637	230512	3,603
SICHUAN	3483	566553	2,936
SHAANXI	3466	204996	3,176
NINGXIA	3463	66027	3,913
YUNNAN	3139	392215	0,971
GANSU	3028	455099	0,969
GUIZHOU	2016	176253	3,235

Etant donné que la densité d'émission du SO₂ est un indicateur se composant de deux facteurs : la quantité annuelle d'émission de SO₂ de la province au numérateur et la surface de la province au dénominateur, la raison pour laquelle nos résultats ne soutiennent pas l'hypothèse de la CEK est peut être à chercher dans ces deux facteurs. Intéressons nous d'abord à la surface de la province. Dans le Tableau 2.5, nous énumérons, par ordre décroissant du niveau de revenu par tête, le revenu par tête, la surface et la densité d'émission de SO₂ des 29 provinces chinoises en 2003. Nous pouvons ainsi constater que les trois indicateurs des trois municipalités directement sous contrôle du gouvernement central, Shanghai, Beijing et Tianjin, sont tout à fait différents de ceux des 26 autres provinces. Possédant un niveau relativement plus élevé de revenu par tête, les surfaces géographiques de ces trois municipalités sont en fait les plus petites des 29 provinces. Par conséquent, leurs niveaux de densité de SO₂ sont naturellement beaucoup plus élevés que pour les autres provinces. La même conclusion peut également être obtenue à partir du panel a du Graphique

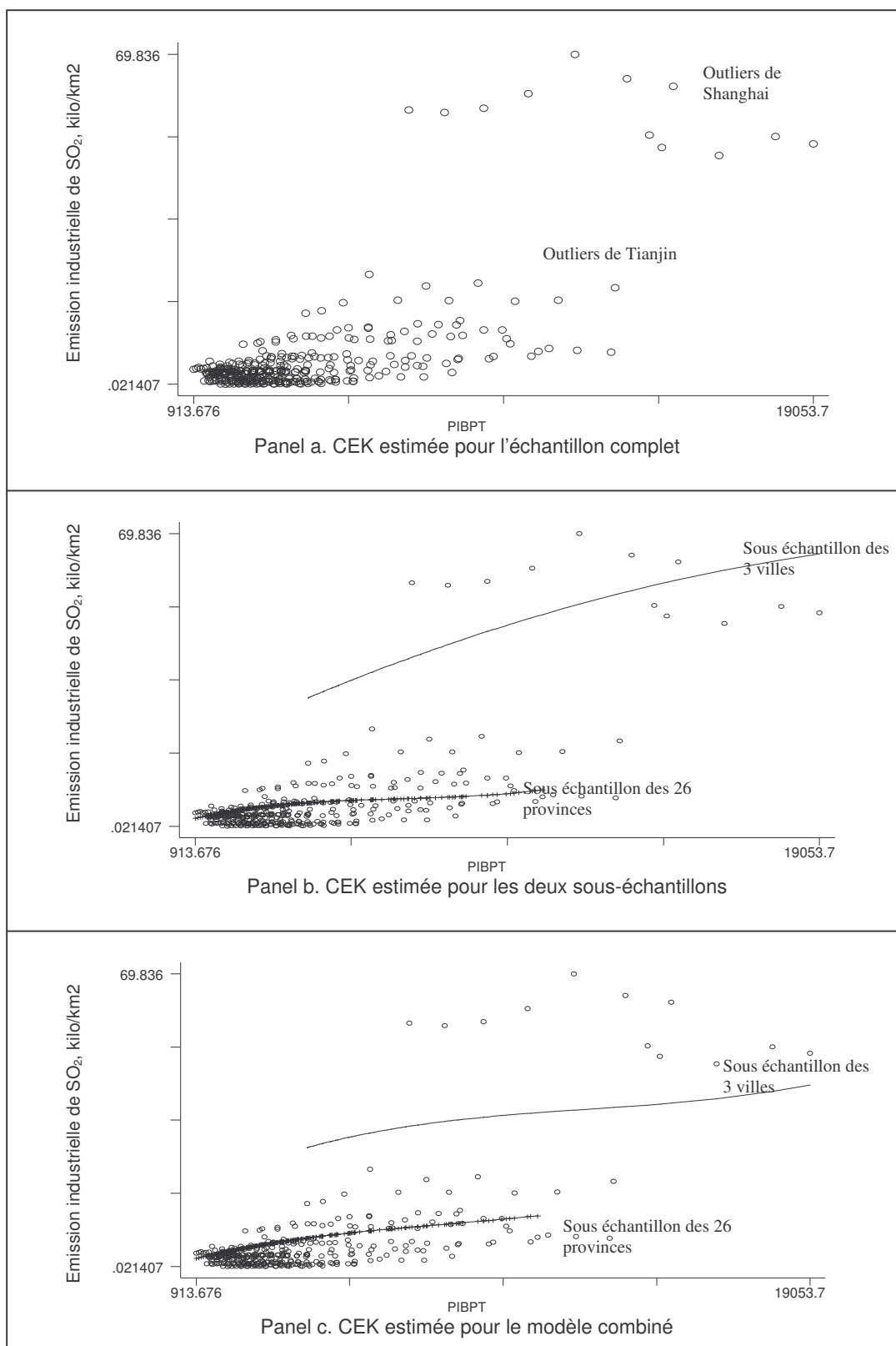
2.10, où on peut voir que presque toutes les observations des 26 provinces sont concentrées dans la partie basse et gauche du diagramme alors que les points situés dans la partie haute et droite appartiennent tous aux trois municipalités. Si la relation positive linéaire entre la densité d'émission de SO₂ et le revenu était simplement provoquée par l'inclusion de ces trois villes dans l'estimation, alors se pourrait-il qu'il existe une relation en forme de U inversé pour les 26 provinces restantes ?

Pour tester cette possibilité, nous divisons la base de données en deux sous échantillons : les 26 provinces et les 3 villes. Les résultats des nouvelles estimations sont reportés dans le Tableau 2.4 et leurs illustrations graphiques dans les panels b et c du Graphique 2.10. Pour résoudre les problèmes de corrélations sérielles, les méthodes utilisées sont celles de Balestra-Nerlove (1966) et les GMM en première différence de Arellano et Bond (1991). Au contraire de ce que nous avons prévu, les estimations sur les deux sous échantillons continuent à montrer après calcul une tendance à l'augmentation de la densité d'émission de SO₂ au cours du processus de croissance.¹ Les deux dernières colonnes du Tableau 2.4 rapportent les estimations d'un modèle combiné. Dans ce modèle, une structure en « spline » est utilisée pour permettre une régression sur l'ensemble de la base de données et en même temps de distinguer les différences potentielles dans le coefficient du revenu entre les 26 provinces et les 3 villes.² L'avantage de ce modèle est qu'il évite à notre estimation le biais potentiel induit par l'utilisation d'une seule partie des données. Une fois de plus, le modèle combiné confirme la relation positive entre la croissance économique et la densité d'émission du SO₂. En outre, il semble que la tendance à l'augmentation de la densité d'émission pour les 26 provinces suive une voie très semblable à celle suivie par les 3 villes, à l'exemption près que le niveau absolu de densité d'émission est beaucoup plus élevé chez ces dernières. Cette situation est facilement observable dans le panel c du Graphique 2.10 où les évolutions semblent parallèles dans les deux groupes.

¹ L'estimation est aussi réalisée pour les sous échantillons de 26 provinces+Beijing et de 26 provinces+Beijing+Tianjin. Comme les résultats sont très similaires à ceux du Tableau 2.4, nous ne les rapportons pas.

² Bien que les résultats obtenus avec le sous échantillon des trois villes nous permettent de calculer une relation en forme de U inversé, il se trouve que le point de retournement est bien trop élevé (27033 yuans) et qu'il se situe en dehors de nos points d'observation, ce qui nous pousse ici à considérer une relation croissante et décélérante.

Graphique 2.10 Estimations de la CEK pour la densité d'émission industrielle de SO₂



Sans avoir pu trouver d'explication vraiment satisfaisante à l'évolution dynamique toujours croissante de la densité d'émission industrielle de SO₂, nous allons maintenant examiner la causalité possible entre l'augmentation de la densité d'émission de SO₂ et l'évolution de la population. Le Tableau 2.6 rapporte les coefficients de corrélation simples de la densité d'émission industrielle de SO₂ avec l'émission industrielle de SO₂ par tête et la densité de population. La taille relativement importante du coefficient de corrélation entre la densité d'émission de SO₂ et la densité de population indique la possibilité d'une étroite causalité entre elles. Etant donné que la dimension géographique de chaque province est invariable dans le temps, la corrélation entre la densité d'émission de SO₂ et la densité de population reflète sans doute dans une certaine mesure la corrélation entre toute la variation industrielle d'émission de SO₂ et la croissance de la population dans les provinces. Dans un tel cas, la divergence de l'évolution de la trajectoire de la densité industrielle de SO₂ avec celle de l'émission industrielle de SO₂ par tête serait proche de celle prévue par Stern et al (1996) : « bien que l'émission par tête atteigne un point de retournement relativement tôt ; Le volume total de l'émission devrait continuer à augmenter sous la pression démographique ». Cette intuition est confirmée par les résultats de l'estimation de la CKE pour l'émission industrielle totale de SO₂, rapportés dans le Tableau 2.7, qui indiquent généralement une tendance à l'augmentation des émissions industrielles totales de SO₂ dans les 26 provinces et les 3 villes.

Tableau 2.6. Corrélation entre les densités d'émission, les émissions par tête et les densités de population

	so2den	so2pc	popden
so2den	1,0000		
so2pc	0,4083	1,0000	
popden	0,9374	0,2379	1,0000

Tableau 2.7. Régressions de la CKE de forme réduite pour les émissions industrielles totales de SO₂

	Echantillon complet		26 provinces		3 villes		Modèle combiné	
	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE
GDPPC	91,306	101,129	335,081	334,236	77,556	158,464	353,002	347,223
(1/1000)	(2,20)**	(2,07)**	(4,03)***	(2,97)***	(1,54) ^o	(5,84)***	(4,53)***	(3,20)***
GDPPC²	-7,024	-7,777	-49,068	-50,251	-2,989	-8,477	-51,168	-51,710
(1/1000) ²	(1,87)*	(1,90)*	(4,18)***	(3,43)***	(0,66)	(4,89)***	(4,64)***	(3,63)***
GDPPC³	0,158	0,178	2,610	2,623	0,055	0,185	2,705	2,689
(1/1000) ³	(1,31)	(1,49)	(4,29)***	(3,65)***	(0,43)	(4,21)***	(4,71)***	(3,81)***
City×GDPPC							-267,903	-278,504
							(3,50)***	(3,16)***
City×GDPPC²							45,878	47,510
							(4,13)***	(3,53)***
City×GDPPC³							-2,592	-2,599
							(4,57)***	(3,76)***
trend	2,686	4,292	-13,391	-8,586	-32,136	-43,197	-15,349	-10,255
	(0,43)	(0,69)	(1,59) ^o	(0,85)	(6,52)***	(6,59)***	(1,95)*	(1,07)
SO_{2t-1}		-0,001		0,353				0,341
		(0,01)		(2,37)**				(2,45)**
Constante	290,328		31,867		-72,339		-0,305	
	(2,93)***		(0,24)		(0,44)		(0,00)	
R-carée	0,0060	0,2628	0,0386	0,3570	0,8250	0,8241	0,0821	0,3535
F test		5,54		7,95	23,74	18,38		
AR(1)	1,1586	1,0145	1,2215	1,1233	2,1826	2,2386	1,2278	1,1502
Breuch-pagan		1640,98		1409,14		104,05		1564,57
		(0,000)		(0,000)		(0,000)		(0,000)
Hausman		1,55		0,97				1,70
		(1,000)		(1,000)				(1,000)
P. retournement province (P)	9626	9797						
	(21693)	(21166)	--	--			--	--
P. retournement province (C)	20010	19330						
	(44421)	(40689)	--	--			--	--
P. retournement ville (P)	9626	9797						
	(21693)	(21166)			--	--	--	--
P. retournement ville (C)	20010	19330						
	(44421)	(40689)			--	--	--	--
Observations	348	319	312	286	36	36	348	319
Provinces	29	29	26	26	3	3	29	29

^o significatif à 15%, * significatif à 10% ** significatif à 5%; *** significatif à 1%. Valeur absolue des statistiques de student entre parenthèses. Les chiffres indiqués dans les parenthèses au-dessous des points de retournement sont les erreurs standards.

2.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par une revue de la littérature des analyses théoriques et empiriques sur la CKE. Bien qu'il semble être relativement facile de trouver une relation en forme de U inversé par la formalisation micro-économique et les estimations en transversal, les divergences entre les hypothèses théoriques et la réalité des pays, la grande sensibilité de la forme estimée de la CKE avec l'échantillon, la période de temps, la méthode d'estimation et la forme de la fonction choisis ne font qu'accroître notre doute envers l'existence d'une CKE « standardisée » pour tous les pays.

La possibilité d'une corrélation dynamique spécifique par pays entre la croissance économique et la pollution peut réellement donner à la Chine l'espoir de gagner le défi du développement soutenable. L'estimation d'une CKE spécifique à la Chine basée sur les données en panel de ses 29 provinces entre 1992 et 2003 prédit ainsi un point de retournement entre le revenu par tête et l'émission industrielle de SO_2 aux environs de 9000 yuans, soit 1088 USD selon le taux de change officiel ou 2742 USD selon le PPA, ce qui est de beaucoup inférieur à ce qui a été trouvé au niveau international (4400-7100 USD).¹ Cependant, étant donné la forte expansion de la population chinoise, la diminution de l'émission industrielle de SO_2 par tête ne pourra pas réduire immédiatement le volume total de SO_2 en Chine. Pour le moment, nos estimations de la CKE pour la densité d'émission industrielle de SO_2 et l'émission industrielle totale de SO_2 prévoient plutôt un avenir assez pessimiste pour la croissance économique chinoise.

¹ Les points de retournement sont exprimés en USD de 1985 à prix constants. La conversion en USD de 1985 des CNY de 1990 est faite par l'auteur à partir de l'indice de prix fournit par le World Development Indicator (2003).

Chapitre 3 Déterminants structurels de l'émission industrielle de SO₂

Bien que les analyses de la CKE du dernier chapitre ne permettent pas dissiper nos inquiétudes sur la situation de l'émission industrielle de SO₂ en Chine, le point de retournement relativement précoce que nous trouvons pour l'émission de SO₂ par tête par rapport à l'expérience internationale constitue un signal positif. En effet, au cours de ces dix dernières années de croissance économique les émissions ont augmenté moins vite que ce que ne le laissait présager l'expérience internationale. Nous pensons qu'une telle évolution mérite que l'on effectue une analyse structurelle pour mieux en comprendre les raisons. Par conséquent, nous allons dans ce chapitre étudier les déterminants structurels potentiels de la pollution et ouvrir la «boîte noire» de la CKE afin d'en tirer des instruments de politique économique.

3.1. Explication structurelle de l'existence de la CKE

La plupart des explications théoriques sur la formation de la CKE basent leur raisonnement du côté de la demande. Ces analyses considèrent généralement le découplage entre la croissance économique et la détérioration de l'environnement comme le résultat d'un compromis entre l'utilité que l'on retire de la consommation de biens normaux et la désutilité provoquée par la pollution. Cependant, ces causes situées du côté de la demande sont seulement des conditions nécessaires à l'apparition du point de retournement de la CKE. Sans la satisfaction de certaines conditions du côté de l'offre, telles que l'amélioration de l'efficacité de la production ou des technologies réductrices de pollution et la transformation de la structure industrielle vers des activités moins polluantes, une simple augmentation de la demande publique pour un meilleur environnement ne pourra ainsi mener la croissance économique qu'à une halte, sans avoir pu atteindre un résultat gagnant-gagnant. Comme cette thèse s'intéresse essentiellement à la situation de l'émission industrielle de SO₂ dans un pays

en voie de développement, dont l'objectif actuel le plus important est d'enrichir sa population, les analyses sur la détermination de l'émission du côté de l'offre apparaissent plus appropriées.

3.1.1. Décomposition de Grossman

Basées sur des fondements macroéconomiques, certaines analyses théoriques ont déjà plus ou moins introduit dans leur discussion les déterminants de la pollution situés du côté de l'offre et ont étudié l'explication structurelle de la formation de la CKE. Les déterminants de la pollution les plus largement admis du côté de l'offre sont ceux proposés par Grossman (1995), qui considère la pollution comme un « sous-produit » (by-product) des activités de production. Selon lui, les résultats finals de l'émission totale peuvent être calculés par l'équation (3.1) :

$$E_t = Y_t \sum_{j=1}^n I_{j,t} S_{j,t} \quad (3.1)$$

Où E_t indique l'émission de l'année t . $j=1,2,\dots,n$ représente les différents secteurs de l'économie. Y_t est le PIB total de l'année t , il peut aussi être présenté par la somme des valeurs ajoutées des n secteurs, soit $Y_t = \sum Y_{j,t}$. $I_{j,t}$ est l'intensité de l'émission, c'est-à-dire la quantité moyenne de pollution émise pour chaque unité de produit dans les secteurs j , soit $I_{j,t} = E_{j,t} / Y_{j,t}$. $S_{j,t} = Y_{j,t} / Y_t$, représente le ratio de la valeur ajoutée du secteur j dans le PIB total. Selon cette équation, l'émission totale peut être considérée comme le produit de la valeur ajoutée totale de l'économie (Y_t) et de l'intensité sectorielle moyenne d'émission pondérée par le ratio du PIB de chaque secteur dans l'économie totale ($\sum_j I_{j,t} S_{j,t}$).

Si nous faisons la différentiation totale par rapport au temps, puis divisons l'équation entière par l'émission totale E , nous pouvons reproduire la décomposition de Grossman dans l'équation (3.2) :

$$\hat{E} = \hat{Y} + \sum_j e_j \hat{S}_j + \sum_j e_j \hat{I}_j \quad (3.2)$$

Où $e_j = E_j / E$ représente le ratio d'émission du secteur j dans l'économie totale et $\hat{X} = (dX/dt) / X$, $X \in \{E, I, S, Y\}$. Cette décomposition définit les trois fameux déterminants de l'émission. \hat{Y} indique l'effet d'échelle, supposé être un facteur de croissance de la pollution ; « Toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de la production signifie une augmentation équiproportionnelle de la pollution ». L'effet de composition est représenté par \hat{S}_j . Les changements en S_j dans le temps représentent l'influence du changement de la

composition des activités économiques sur l'émission. Toutes choses égales par ailleurs, si les secteurs qui ont une forte intensité d'émission croissent plus rapidement que ceux qui ont une faible intensité d'émission, les changements dans la composition vont « pousser » l'émission à augmenter plus vite que le revenu. \hat{I}_j représente l'effet de technique. L'utilisation de techniques de production et de réduction de la pollution plus efficaces peut ici conduire à une baisse des émissions polluantes pour un même niveau de croissance économique et de composition industrielle.

3.1.2. Illustration graphique de la façon dont les déterminants structurels de l'émission affectent la forme de la CKE

La décomposition de Grossman nous offre une version dynamique de la formation de la CKE au cours du processus de croissance économique d'un pays. Dans cette décomposition, les facteurs du côté de l'offre (expansion de l'échelle, transformation de la composition et progrès technique), catalysés ou influencés par la demande croissante du public pour un meilleur environnement, déterminent collectivement le moment du découplage entre la croissance économique et la tendance à la détérioration de l'environnement.

Bien que le modèle de détermination de l'émission de ACT (2001) n'ait pas été initialement créé pour expliquer la formation de la CKE, on peut cependant s'en servir pour donner une illustration graphique de la formation structurelle de cette courbe en U inversé.

Dans le modèle de ACT (2001), la fonction de détermination de l'émission est écrite de la façon suivante :

$$z = x\{I - \lambda a[\theta(\tau^*(I))]\} \quad (3.3).$$

Où z indique l'émission. Les produits de l'économie peuvent être catégorisés entre ceux qui polluent et ce qui ne polluent pas. Les biens x appartiennent à la première catégorie et les biens y à la seconde. En ajustant l'unité de mesure, x peut également être employé pour représenter directement le niveau de pollution totale qui devrait avoir été émis par l'économie. I est le revenu par tête. Le niveau de taxation optimal de l'émission (τ^*) est déterminé par le raisonnement néoclassique de la règle de Samuelson. C'est à dire que le niveau de τ^* doit être égal à la désutilité marginale de la pollution qui garantit la maximisation de l'utilité sociale. On voit donc ici de façon immédiate que τ^* est une fonction positive du revenu par tête, soit $\tau^{*'}(I) > 0$.¹ θ représente la décision du producteur d'engager des activités réductrices de

¹ Un revenu plus élevé signifie une plus grande sensibilité au problème de la pollution, et donc des politiques de contrôle de la pollution plus strictes.

pollution face à la taxe optimale sur l'émission (τ^*).¹ Normalement, les activités réductrices de pollution augmentent avec τ^* , ce qui signifie que $\theta'(\tau^*) > 0$. Comme $\lambda a[.]$ décrit le ratio d'émission réduite pour chaque unité de produit x , où λ indique le niveau de productivité et $a[.]$ signifie le caractère des technologies de ces activités, la pollution finalement émise pour une unité de produit x est égale à $\{1 - \lambda a[.]\}$.² Par conséquent, le niveau final d'émission z est, dans cette équation, déterminé de façon collective par l'expansion de la production de x et le renforcement des activités réductrices de pollution, $\{1 - \lambda a[\theta(\tau^*(I))]\}$.

Ensuite, en prenant le produit y comme numéraire et le prix de x pour p , nous décomposons le produit x de l'équation (3.3) en deux facteurs : l'échelle de production totale $S = y + px$ et le ratio du produit x sur l'échelle de production totale x/S . Ceci nous permet de prendre en même temps considération les caractéristiques de la composition et l'échelle de l'économie.³ Cet ajustement est illustré dans l'équation (3.4) :

$$z = S \frac{x}{S} \{1 - \lambda a[\theta(\tau^*(I))]\} = S \frac{\chi}{1 + p\chi} \{1 - \lambda a[\theta(\tau^*(I))]\} \quad (3.4)$$

Comme l'analyse de la CKE s'intéresse à la corrélation potentielle entre l'émission z et le revenu par tête I , avec $I = S/pop$, où pop indique la population de l'économie, nous pouvons faire l'ajustement suivant et obtenir l'équation (3.5) :⁴

$$z = pop \times I \times \frac{\chi}{1 + p\chi} \{1 - \lambda a[\theta(\tau^*(I))]\} \quad (3.5)$$

En faisant la dérivée de l'émission finale z par rapport au revenu par tête I , l'équation (3.6) nous donne l'expression de la dérivée de l'émission par rapport au revenu par tête.

¹ Antweiler et al (2001) font ici l'hypothèse réaliste que les activités de réduction de la pollution ne peuvent être réalisées que par le produit du secteur polluant.

² La technologie de réduction de la pollution permet à l'échelle de production d'avoir un rendement décroissant, $a'(\theta) > 0$, $a''(\theta) < 0$.

³ Etant donné $x/S = x/(y+px)$, si on suppose $\chi = x/y$, x/S peut aussi être représenté par $\chi/(1+p\chi)$. Dans le modèle d'origine de ACT (2001), ils utilisent χ au lieu de x/S pour indiquer la situation de la composition industrielle. Cependant, si on fixe le prix relatif p , χ sera positivement corrélé à $x/S = \chi/(1+p\chi)$. Comme la simple illustration graphique n'implique pas de changement de prix, nous utilisons par conséquent $\chi/(1+p\chi)$ pour extrapoler la situation de la composition industrielle.

⁴ La fonction de détermination de l'émission par tête, selon l'équation (3.5) devient : $\frac{z}{pop} = I \times \frac{\chi}{1 + p\chi} \{1 - \lambda a[\theta(\tau^*(I))]\}$. De la même manière, les effets d'échelle, de composition et de technique pour

l'émission par tête (z/pop) sont respectivement : $\frac{\chi}{1 + p\chi} \{1 - \lambda a[\theta(\tau^*(I))]\}$, $\frac{\partial(\frac{\chi}{1 + p\chi})}{\partial I} \times I \times \{1 - \lambda a[\theta(\tau^*(I))]\}$ et

$I \times \frac{\chi}{1 + p\chi} \times \lambda a'(\theta) \theta'(\tau^*) \tau^*$.

$$\frac{\partial z}{\partial I} = \underbrace{I \frac{\chi}{1+p\chi} \{1-\lambda a[\theta(\tau^*(I))]\}}_{\text{Echelle}} + \underbrace{\frac{\partial \left(\frac{\chi}{1+p\chi}\right)}{\partial I} \times I \times \{1-\lambda a[\theta(\tau^*(I))]\}}_{\text{comp.}} - \underbrace{I \times \frac{\chi}{1+p\chi} \times \lambda a' \theta' \tau^* \tau^{*'} I}_{\text{technique}} \times pop \quad (3.6)$$

Le premier terme dans la partie droite de l'équation (3.6) correspond à l'effet d'échelle. Il indique qu'au cours de la croissance économique, la variation de l'émission totale causée par le changement de l'échelle de production est égale à $\frac{\chi}{1+p\chi} \{1-\lambda a[\theta(\tau^*(I))]\} \times pop$. Comme le suppose Grossman (1995), *toutes choses égales par ailleurs*, cette relation devrait être positive et constante. Le second terme $\frac{\partial \left(\frac{\chi}{1+p\chi}\right)}{\partial I} \times I \times \{1-\lambda a[\theta(\tau^*(I))]\} \times pop$ représente l'effet de composition. Nous faisons l'hypothèse que le ratio du produit polluant dans l'économie totale (x/S) suit une trajectoire d'abord croissante puis décroissante au fur et à mesure que le revenu s'accroît. Plus concrètement, ceci correspond à la trajectoire de la transformation de la composition traditionnelle d'une économie qui est d'abord dominée par une activité agricole peu polluante, et puis entre dans une phase d'industrialisation qui pollue beaucoup et finalement se retourne dans une situation où les activités peu polluantes des secteurs tertiaires dominent. Dans ce cas, le ratio d'émission le plus élevé apparaît au moment où les industries lourdes dominent le plus l'économie. Comme $\{1-\lambda a[\theta(\tau^*(I))]\} > 0$, il semble raisonnable de supposer que ce terme suit, *toutes choses égales par ailleurs*, une courbe en U inversé. Le troisième terme décrit l'effet de technique. Etant donné que $a'(\theta) > 0$ et que $\tau^{*'}(I) > 0$, le terme $I \times \frac{\chi}{1+p\chi} \times \lambda a' \theta' \tau^* \tau^{*'} \times pop$ prédit une relation positive linéaire entre la croissance du revenu et l'impact de l'effet de technique sur l'émission. Par conséquent, *toutes choses égales par ailleurs*, nous devrions pouvoir observer dans le cas de la Chine un impact réducteur accru de l'effet de technique sur l'émission avec l'augmentation de revenu par tête I .

L'idée de l'équation (3.6) de décomposer la relation entre l'émission (z) et la croissance du revenu (I) en fonction de la contribution des trois effets nous permet de réaliser l'explication graphique de la formation de la CKE (Graphique 3.1). La partie supérieure de ce graphique décrit l'évolution de la contribution à la pente des trois effets au cours de la croissance du revenu. Nous utilisons ainsi une courbe en U inversé pour représenter l'effet de composition, une ligne droite croissante pour exprimer la valeur absolue de l'effet de

technique et une ligne droite horizontale pour indiquer l'effet d'échelle, dont la taille est égale à $\frac{\chi}{1+p\chi} \{1 - \lambda a [\theta(\tau^*(I))]\} \times pop$.¹

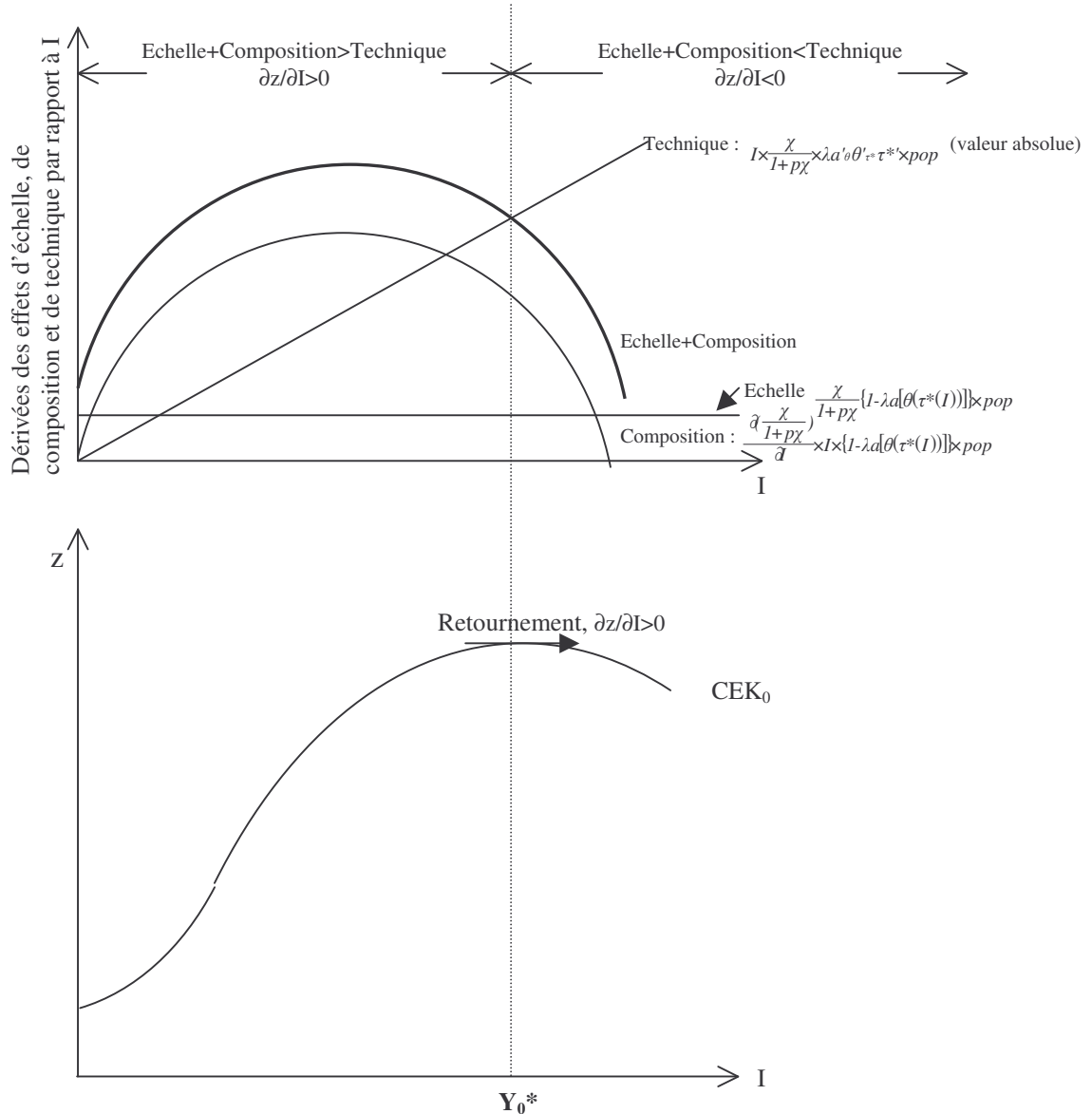
La partie basse du Graphique 3.1 nous montre la relation entre le revenu et l'émission. Cette relation est le résultat final de l'opposition des forces entre l'effet de technique qui permet de réduire la pollution et les deux autres facteurs qui l'accroissent (échelle et composition). Dans le Graphique 3.1, nous voyons que la contribution à l'augmentation de la pollution des effets combinés d'échelle et de composition est au début plus forte que la contribution réductrice de l'effet de technique. Cette domination des facteurs favorables à une augmentation de la pollution ne sera renversée que quand le niveau de revenu aura atteint Y_0^* ; Soit au moment où la ligne droite croissante qui décrit la valeur absolue de l'effet de technique coupera la courbe en U inversé des effets combinés d'échelle et de composition. Au-delà de Y_0^* , lorsque l'impact réducteur de l'effet de technique dominera l'impact des effets d'échelle et de composition, nous pourrons alors observer une corrélation négative entre la croissance des émissions et la croissance du revenu. De cette façon, nous obtenons une CKE en U inversé avec un point de retournement en Y_0^* .

A part illustrer la façon dont la CKE en U inversé peut être formée par la collaboration des trois facteurs structurels, une autre utilisation de ce graphique est de donner des implications politiques concrètes sur la manière de réduire la hauteur et/ou le point de retournement de la CKE par l'influence que l'on peut exercer sur les effets d'échelle, de composition et de technique. Le Graphique 3.2 nous en donne quelques exemples. Pour un pays en voie de développement faisant face aux progrès techniques déjà réalisés par les pays développés, son statut de retardataire lui permet de commencer son processus de croissance économique avec un niveau technologique relativement plus élevé. Dans cette circonstance, étant donné la valeur constante de τ^*_1 (la dérivée de la politique de lutte contre la pollution par rapport à la croissance du revenu par tête) et celle de $\theta^*_{\tau^*}$ (la dérivée de la décision du producteur d'engager des activités de réduction de la pollution par rapport à la politique de contrôle des émissions), une amélioration exogène de l'efficacité des activités de réduction de la pollution devrait mener la valeur λa^*_{θ} à croître. Cette amélioration exogène issue du transfert de technologie des pays développés vers les pays en voie de développement renforce

¹ Dans l'hypothèse d'une économie fermée, puisque tout le progrès technique doit être réalisé par le pays lui-même, nous supposons que la ligne droite croissante représentant l'effet de technique débute au niveau de revenu 0 ou à un niveau de revenu supérieur à zéro dans le cas où le progrès technique dans les activités de réduction de la pollution nécessite des coûts fixes élevés. Cette hypothèse est aussi valable pour un pays capable de bénéficier du progrès technique des autres pays. Dans un tel cas, l'effet de technique peut commencer à partir d'une valeur négative du revenu et couper l'axe vertical en un point positif.

ainsi l'effet de technique. Ce renforcement peut être représenté dans le graphique par une rotation ascendante de la ligne droite. Évidemment, cet effet de technique renforcé va couper la courbe en U inversé de l'effet combiné d'échelle et de composition à un niveau de revenu plus bas Y_1^* . Etant donné que tous les autres facteurs restent constants, nous nous attendons donc à une nouvelle courbe en U inversé que l'on nomme CKE_1 , dont la taille et le point de retournement sont moins élevés (partie basse du Graphique 3.2).

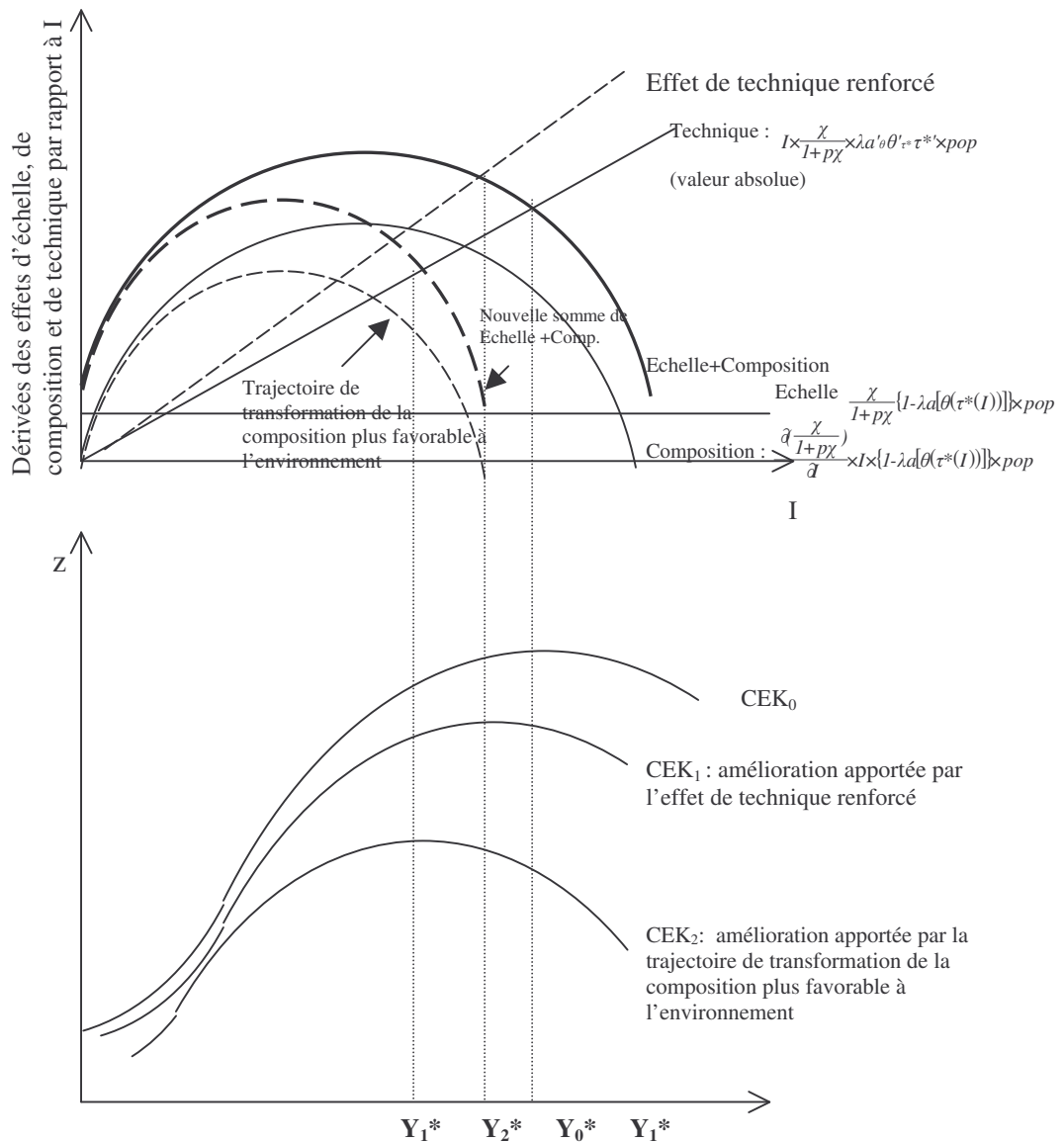
Graphique 3.1. Déterminants structurels de la formation de la CKE



Une autre implication politique se focalise sur l'effet de composition. S'il existe différentes trajectoires de transformation de la composition industrielle pour un pays en voie de développement, il devient alors possible d'utiliser une certaine ligne de politique industrielle pour éviter le développement des industries lourdes et encourager celles qui polluent moins. Une telle politique pourrait permettre une réalisation plus rapide de la

trajectoire de transformation de la composition. Dans ce cas, nous pouvons nous attendre à ce que la nouvelle courbe en U inversé de l'effet de composition se décale vers l'intérieur et ait une taille et une largeur moins importantes. Par conséquent l'effet de technique va couper la nouvelle courbe des effets d'échelle et de combinaison à un niveau de revenu Y_2^* plus faible, et la nouvelle relation émission-revenu (CEK_2) ainsi déterminée sera de taille plus petite avec un point de retournement plus bas.

Graphique 3.2. Impact des politiques sur la formation de la CKE



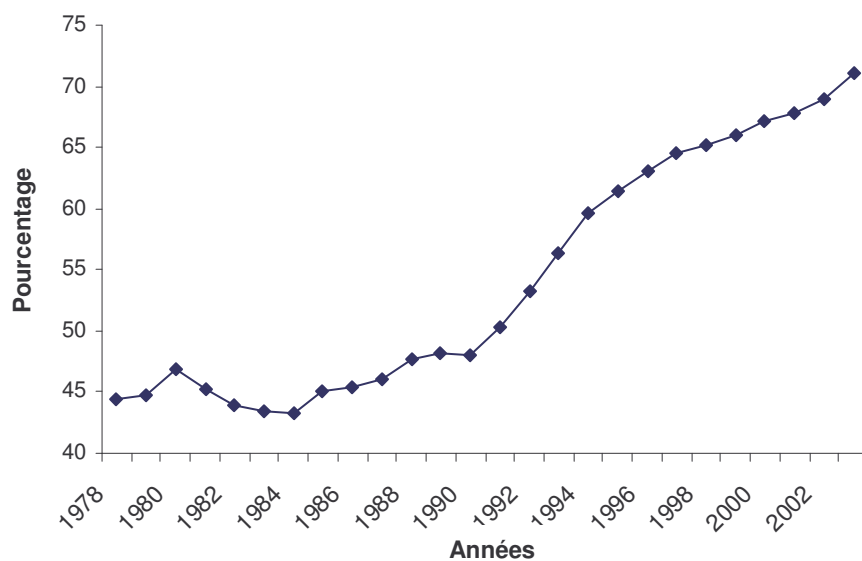
3.2. Revue de la croissance économique chinoise, de son processus d'industrialisation et de leurs impacts sur les émissions

Connaissant l'importance des caractéristiques structurelles et techniques d'une économie dans la formation de la CKE, nous réalisons ici une revue de l'évolution des effets d'échelle, de composition et de technique dans l'économie industrielle de la Chine des années 90.

3.2.1. Expansion rapide de l'économie chinoise et de ses secteurs industriels : l'effet d'échelle

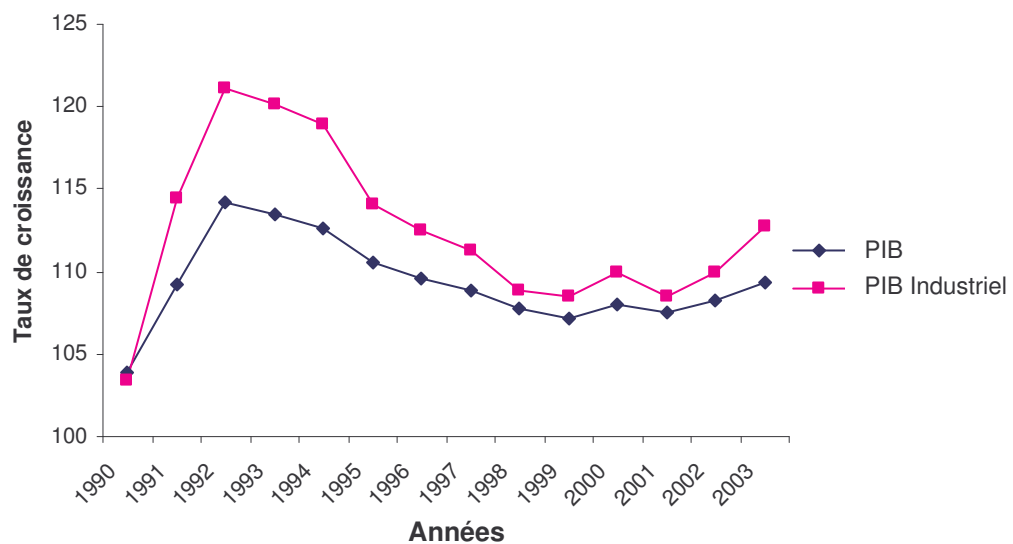
Graphique 3.3. Evolution du ratio PIB industriel sur le PIB total

Source : China Statistic Yearbook (2004)



Graphique 3.4. Taux de croissance du PIB industriel et du PIB total

Source : China Statistic Yearbook (2004)



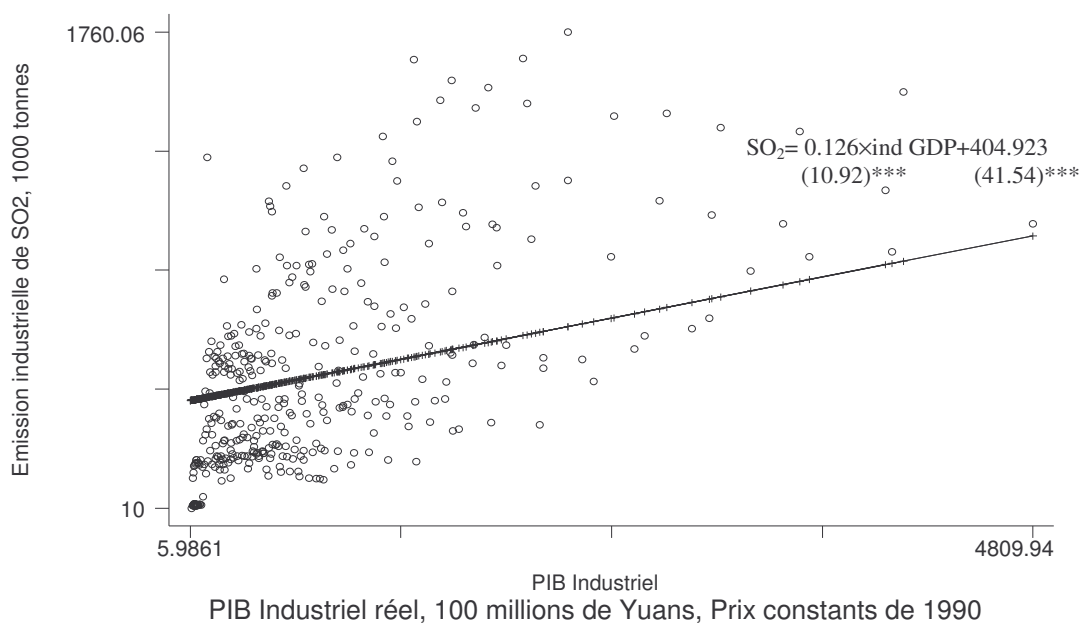
Comme nous avons déjà pu l'indiquer au Chapitre 1, la réforme économique chinoise a permis de réaliser une croissance économique impressionnante depuis 1978. Les taux de croissance du PIB réel et du PIB industriel réel au cours des années 90 sont rapportés dans le Graphique 3.3. Tous deux, après avoir atteint leur plus haut taux de croissance aux environs de 1993, se sont stabilisés autour de 8% (PIB) et 10% (PIB industriel) avant de repartir à la hausse en 2000. Suivant la même évolution, le taux de croissance relativement plus élevé du PIB industriel semble indiquer un probable rôle dominant de l'industrie dans l'économie chinoise.

L'industrialisation rapide de la Chine a conduit à un accroissement tout aussi rapide de la proportion du secteur industriel dans l'économie totale. Le Graphique 3.4 rapporte l'évolution du ratio du PIB industriel par rapport au PIB total entre 1978 et 2003. En partant de 40% au début de la réforme économique, ce ratio a atteint plus de 70% en 2003, avec une forte accélération au début des années 90.

Etant donné la discussion que nous avons eu sur l'effet d'échelle dans la dernière section, nous suspectons ici que ce processus rapide d'industrialisation n'ait pour conséquence une aggravation du problème des émissions industrielles de SO_2 . Cette suggestion est confirmée par le Graphique 3.5, dans lequel le nuage de points formé par des données provinciales entre 1992 et 2003 montre une corrélation positive évidente entre l'émission industrielle de SO_2 et le PIB industriel réel.

Graphique 3.5 Corrélation entre l'effet d'échelle et l'émission industrielle de SO_2

Source : China Statistic Yearbook (1993-2004), les résultats sont estimés avec effet fixe

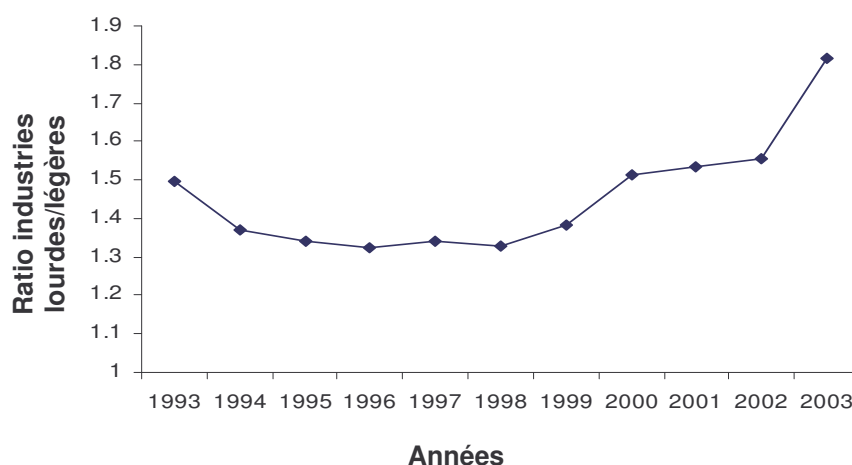


3.2.2. Changements dans l'industrie : l'effet de composition

Comme notre analyse se concentre ici sur l'émission industrielle de SO₂, l'effet de composition dont nous discutons sera la proportion des différents secteurs industriels et non pas l'effet de composition traditionnel qui couvre la transition des secteurs primaires aux secondaires, puis aux tertiaires. Du point de vue des implications politiques, nous pensons également qu'il est plus fructueux de se concentrer sur la variation de la structure interne du secteur industriel. En effet, l'industrialisation est souvent la principale source de pollution au cours du développement économique d'un pays. Pour un pays en voie de développement, comprendre comment ajuster la composition de secteurs industriels de différentes intensités d'émission afin de réduire le fardeau potentiel de pollution qui accompagne son industrialisation devrait donc considérablement contribuer à orienter les choix politiques vers la réalisation d'un développement soutenable.

Graphique 3.6. Evolution du ratio industrie lourde sur industrie légère

Source : China Statistic Yearbook (1994-2004)



Le processus d'industrialisation contribue à un grand nombre de changements internes dans la composition de l'industrie chinoise. Le Graphique 3.6 retrace la croissance évidente du ratio de la production des industries lourdes par rapport à la production des industries légères entre 1993 et 2003.

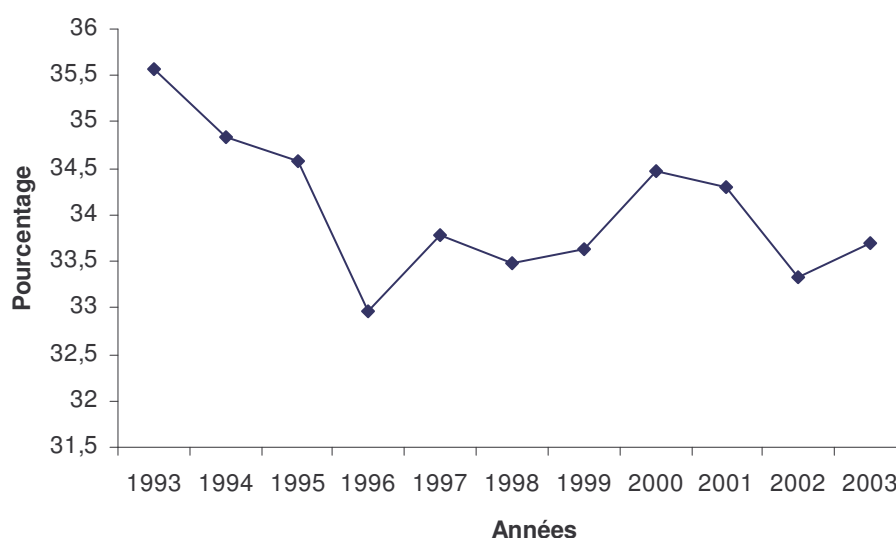
A partir de la classification des industries polluantes de Dasgupta, Wang et Wheeler (1997) pour le cas de la Chine, nous rapportons dans le Graphique 3.7 le ratio des six secteurs industriels les plus polluants par rapport au PIB industriel total entre 1992 et 2003.¹ À notre

¹ Les cinq secteurs industriels chinois les plus polluants sont par ordre décroissant selon la classification de Dasgupta, Wang et Wheeler (1997) : l'industrie chimique, l'industrie de fabrication du papier, l'industrie des métaux non ferreux, l'industrie des métaux ferreux et l'industrie des minerais non-métalliques. Etant donné qu'en Chine la production d'électricité emploie principalement du charbon, ce secteur est souvent considéré comme le

grande surprise, bien que le ratio de l'industrie lourde par rapport à l'industrie légère ait sensiblement augmenté au cours de ces dernières années, le ratio de la production des secteurs les plus polluants par rapport à l'industrie totale se stabilise à environ 1/3 au cours de la même période. Ce contraste nous rappelle ainsi que les industries lourdes ne sont pas nécessairement des industries polluantes.

Graphique 3.7. Evolution de la proportion des industries polluantes dans l'industrie totale

Source : China Statistic Yearbook (1994-2004)



3.2.3. L'effet de technique dans les industries chinoises

La rapide croissance économique et l'amélioration des conditions de vie au cours des 25 dernières années ont-elles facilité une amélioration de l'efficacité de la régulation de l'environnement et par conséquent renforcé l'effet de technique ? Pour répondre à cette question, nous allons dans cette sous-section vérifier les différents aspects de l'effet de technique en Chine.

a. Renforcement de la conscience du public pour un meilleur environnement

Le réveil de la conscience publique sur la qualité de l'environnement survient principalement au moment de la découverte du risque potentiel de la pollution sur la santé publique au début des années 70. Cependant, en raison des troubles politiques du début des années 70, des faibles capacités d'éducation et de diffusion des connaissances au moment de la réforme économique et de la volonté aveugle d'obtenir de meilleures conditions de vie dans

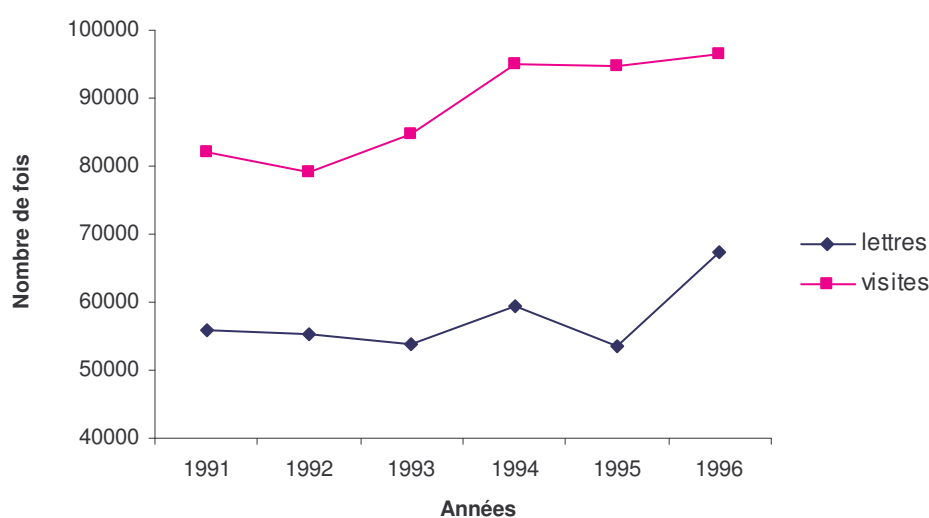
secteur industriel qui génère le problème de pollution de SO₂ le plus grave. Nous l'incluons donc dans la catégorie des industries polluantes.

les années 80, la conscience publique pour la qualité de l'environnement ne s'est que très peu développée avant les années 90.

Une fois que le revenu et les conditions de vie ont atteint un certain niveau, le renforcement évident de la conscience publique pour une meilleure qualité de l'environnement commence à apparaître. Le Graphique 3.8 rapporte l'évolution du nombre de visites et de lettres de plaintes liées au problème de l'environnement reçues chaque année par l'ANPE (Agence National de Protection de l'Environnement) entre 1991 et 1998. Il apparaît clairement qu'au cours des 15 dernières années, les deux méthodes ont été de plus en plus souvent employées par les citoyens chinois, en particulier les visites directes. Cette demande publique croissante pour un meilleur environnement constitue actuellement un important catalyseur de l'effet de technique.

Graphique 3.8. Evolution du nombre de visites et de lettres de plaintes liées à la dégradation de l'environnement

Source des données: China Statistic Yearbook (1994-1999)



b. Réglementation et développement institutionnel dans le domaine de la protection de l'environnement

La mise en place d'une réglementation et d'institutions pour améliorer la situation de l'environnement en Chine a réellement commencé au début des années 70. La première organisation faisant attention à l'utilisation des eaux usagées et au recyclage est ainsi créée en 1971. La protection de l'environnement est ensuite introduite à l'ordre du jour de l'administration du pays en 1973. L'ANPE est fondée en 1974. De 1973 à 1978, une série de

politiques concernant la protection de l'environnement est formulée.¹ En 1978, le célèbre article n°11 est ajouté à la constitution chinoise, soulignant ainsi l'engagement de l'Etat à «protéger et à améliorer l'environnement, afin d'empêcher la pollution et toutes autres formes de périls publics». La promulgation de la loi Environnement au cours du 11ème Congrès du Peuple (CP) en 1979 marque enfin une étape décisive dans la construction d'un système légal visant à protéger l'environnement.

La révision en 1982 de la constitution chinoise élargie encore un peu plus le concept légal de protection de l'environnement et inclut l'exploration et l'utilisation des ressources naturelles dans la réglementation. Au cours des cinq années suivantes, de nombreuses lois au sujet de la protection de l'environnement marin, de la prévention de la pollution de l'eau et de l'air sont promulguées. Cette période se caractérise également par la formulation de nombreux règlements visant à préciser et à améliorer la capacité de gestion de l'environnement par le Conseil d'Etat et l'ANPE. Le contenu de ces règlements couvre la gestion de la taxe sur les émissions, la construction et la maintenance du système d'alerte en cas d'accident de pollution, et l'établissement du système de surveillance des petites entreprises rurales (township and village enterprises, TVE en anglais).

Cependant, la promulgation de différentes lois et réglementations au cours des années 80 n'a pas toujours signifié leur application, et encore moins la réalisation de la protection de l'environnement. Ainsi, bien que cette protection soit certainement un objectif souhaitable, au cours des dix premières années de la réforme économique, ce fut surtout la croissance économique et l'amélioration des conditions de vie de la population qui préoccupèrent le gouvernement chinois.

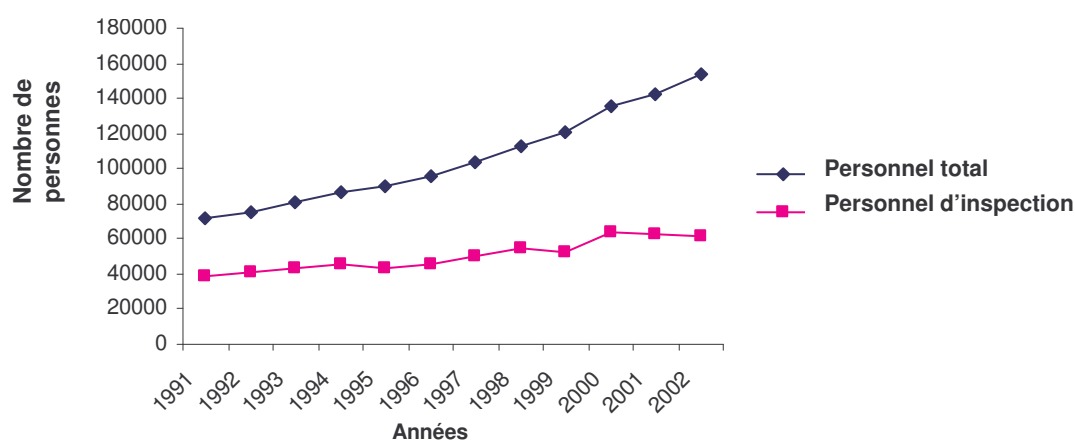
A partir des années 90, la relation entre la croissance économique et la protection de l'environnement au sein de la stratégie du gouvernement chinois devient plus complexe. D'une part, la croissance économique chinoise entre dans une nouvelle phase, le passage de l'économie planifiée à l'économie de marché offrent plus de vitalité et plus d'ouverture à l'économie chinoise. D'autre part, l'accentuation de la dégradation environnementale renforce la prise de conscience du public pour un meilleur environnement et les pressions de la communauté internationale exigeant de la Chine de prendre des initiatives plus efficaces de lutte contre la pollution. En réponse à ce changement de situation, l'évolution des politiques de lutte contre la pollution se caractérise depuis 1990, non plus par une simple diversification des lois, mais par l'application réelle de celles-ci. La signature par le gouvernement chinois de

¹ Parmi ces politiques, certaines sont encore appliquées aujourd'hui, telle que le système des « trois simultanés » et le système de « fermeture obligatoire des entreprises très polluantes avant le date limite ».

la convention internationale «Environnement et Développement», ratifiée par les Nations Unies à Rio de Janeiro en 1992 et les dix mesures d'environnement et de développement inscrites dans l'Agenda 21 (le Livre Blanc chinois) sont ainsi généralement considérées comme deux événements majeurs illustrant l'augmentation du poids de la protection de l'environnement dans les stratégies de développement de la Chine. Plusieurs analyses empiriques, comme celles de Dasgupta et Wheeler (1997) et Wang (2000), ont par ailleurs confirmé un renforcement sensible des institutions de protection de l'environnement et l'amélioration de leur efficacité opérationnelle au cours de cette période.

Le Graphique 3.9 retrace l'augmentation rapide du personnel scientifique et total employés dans les établissements administratifs et d'inspection de l'ANPE entre 1991 et 2002. Sachant cependant qu'il est possible que l'augmentation du personnel ne soit pas une mesure appropriée du développement de ces institutions, nous attendons seulement de cet indicateur qu'il présente une vue restreinte du développement institutionnel en cours dans le domaine de la protection de l'environnement en Chine.

Graphique 3.9 Evolution du nombre d'employés dans les institutions de protection de l'environnement (Source: *China Statistic Yearbook, 1994-2003*)



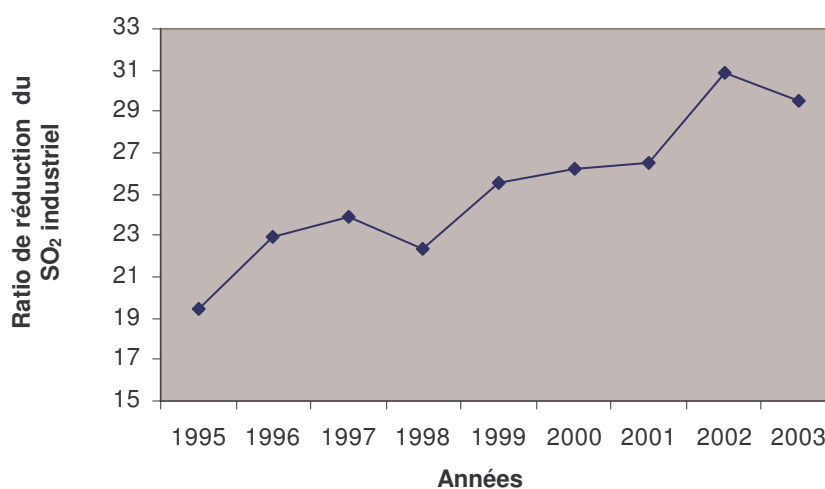
c. Résultats des politiques réductrices de pollution

Répondant à la demande toujours croissante du public pour un meilleur environnement et au renforcement des réglementations sur la pollution, les secteurs industriels chinois ont accompli d'évidents progrès dans la réduction des émissions de SO₂. Le Graphique 3.10 illustre l'évolution des résultats de réduction des émissions industrielles de SO₂ entre 1995 et 2003. On peut ainsi remarquer que depuis 1994, parallèlement au renforcement de la

conscience du public et de la réglementation, à la fois l'échelle et la part relative de la réduction de la pollution ont eu tendance à augmenter. Ceci nous donne un exemple cohérent avec la conclusion de Wang et Wheeler (2000) et de Wang (2000), qui soulignent pour certains secteurs industriels l'évidente sensibilité de l'intensité de l'émission à la taxe sur les émissions, bien que celle-ci soit toujours à un niveau relativement bas par rapport au taux optimal proposé par le raisonnement néoclassique de maximisation de l'efficacité.

Graphique 3.10. Evolution du ratio de réduction du SO₂ industriel sur le SO₂ industriel total

Source: China Environment Yearbook (1995-2004)



3.3. Déterminants économiques de l'intensité de l'émission industrielle de SO₂ : modèle structurel et décomposition

La section 3.2 a révélé un processus d'industrialisation rapide de la Chine caractérisé par l'élargissement évident de l'échelle de production, la transformation significative de la composition industrielle et d'importants gains d'efficacité technique. Afin d'obtenir une compréhension plus systématique de la relation entre l'émission industrielle de SO₂ et ses trois déterminants, nous allons dans cette section réaliser une analyse économétrique de la forme structurelle de la détermination de la CKE.

3.3.1. Modèle structurel

(1) Adaptation de la décomposition de Grossman aux données de panel provinciales

Si nous convenons que l'émission est un sous-produit de la production, alors, selon Grossman (1995), l'émission industrielle de SO₂ dans chaque province i pendant la période t peut être écrite comme le produit de ses trois déterminants (équation (3.7)) :

$$SO_{2,it} = Y_{it} \sum_j \left(\frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times \frac{SO_{2j,it}}{Y_{j,it}} \right) \quad (3.7).$$

L'indice $j=1, \dots, n$ représente les différents secteurs industriels. Y_{it} indique le PIB total de tous les secteurs industriels de la province i à la période t et $SO_{2,it}$ l'émission totale de SO_2 industriel de cette même province. De la même manière, $Y_{j,it}$ représente le PIB du secteur industriel j de la province i à la période t et $SO_{2j,it}$ l'émission de SO_2 correspondante.

Comme dans le Chapitre 2, l'estimation de la forme structurelle se concentre principalement sur la détermination de la densité d'émission industrielle de SO_2 dans chaque province. Par conséquent, nous divisons l'équation (3.7) par la superficie (invariable dans le temps) de la province ($area_i$) et obtenons :

$$\frac{SO_{2,it}}{area_i} = \frac{Y_{it}}{area_i} \sum_j \left(\frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times \frac{SO_{2j,it}}{Y_{j,it}} \right). \quad (3.8).$$

Le terme ($SO_{2,it}/area_i$) indique par conséquent la densité d'émission industrielle de SO_2 de la province i à la période t , et le premier terme à droite de l'équation ($Y_{it}/area_i$) devient la densité de l'activité industrielle. ($Y_{j,it}/Y_{it}$) donne la part de la production du secteur j dans la production industrielle totale de la province i . Finalement, le terme ($SO_{2j,it}/Y_{j,it}$) permet de calculer l'intensité de pollution spécifique au secteur. Si on suppose que cette dernière peut être représentée par l'intensité d'émission moyenne pour chaque province ($SO_{2,it}/Y_{it}$) ajustée par un indicateur de l'efficacité de l'émission spécifique à chaque secteur $e_{i,j,t}$, alors

$\frac{SO_{2i,j,t}}{Y_{i,j,t}} = \frac{SO_{2,j,t}}{Y_{j,t}} \times e_{i,j,t}$. L'équation (3.8) peut ainsi être transformée en :

$$\frac{SO_{2,it}}{area_i} = \underbrace{\frac{Y_{it}}{area_i}}_{Echelle} \times \underbrace{\sum_j \left(\frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it} \right)}_{Composition} \times \underbrace{\frac{SO_{2,it}}{Y_{it}}}_{Technique}. \quad (3.9)$$

Les trois déterminants structurels de l'émission sont ici assez faciles à distinguer. Le terme ($Y_{it}/area_i$) correspond ainsi à l'effet d'échelle.; Une plus forte densité de l'activité industrielle conduisant normalement à une plus forte densité d'émission si les autres facteurs restent constants. L'inclusion de l'indicateur d'efficacité spécifique au secteur $e_{j,it}$ nous permet de distinguer les deux autres effets. Tout d'abord, grâce à l'indicateur d'efficacité, nous sommes en mesure d'inclure directement l'intensité moyenne de l'émission de SO_2 de chaque province dans la formation de la densité d'émission de SO_2 , ce qui constitue une mesure idéale de l'effet de technique. Nous attendons par conséquent une corrélation négative entre cet indicateur et la densité industrielle de l'émission de SO_2 . Cet indicateur d'efficacité participe aussi de façon directe à la formation du terme de l'effet de composition, $\sum_j \left(\frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it} \right)$. Si à la

période t , l'intensité d'émission des différents secteurs reste à son niveau original $e_{j,it-1}$, mais que la part des secteurs polluants - dont l'intensité d'émission est plus forte que le niveau moyen de la province, c'est à dire $e_{j,it-1} > 1$ - augmente dans l'industrie totale, nous obtenons alors le nouveau terme de l'effet de composition à la période t , soit $\sum_j \frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it-1}$, qui est plus grand que $\sum_j \frac{Y_{j,it-1}}{Y_{it-1}} \times e_{j,it-1}$ et permet d'expliquer la hausse de l'émission due à l'effet de composition dans la période t .¹

(2) Relation entre l'intensité de l'émission industrielle de SO₂ et le revenu : peut-on utiliser le PIB par tête pour extrapoler l'effet de technique ?

Afin de transformer la fonction de décomposition (3.9) en un modèle estimable, nous devons auparavant résoudre une difficulté. Ici, alors que les effets d'échelle et de composition peuvent être directement mesurés par des indicateurs économiques, ce n'est pas le cas pour l'effet de technique. En effet, si nous continuons à employer comme mesure l'intensité d'émission industrielle moyenne de SO₂ de chaque province, nous risquons d'avoir un biais d'estimation à cause du problème d'endogénéité, étant donné que l'émission industrielle de SO₂ apparaîtrait des deux côtés de l'équation. Que Pour éviter ce problème, nous devons par conséquent trouver un indicateur économique qui soit étroitement lié à l'effet de technique mais qui n'implique pas l'émission industrielle de SO₂ dans sa mesure.

Parmi les analyses empiriques structurelles déjà réalisées sur la détermination de la pollution, certains ont utilisé le PIB par tête comme extrapolation de l'effet de technique. Ne sachant pas vraiment si le PIB par tête peut être une bonne approximation de l'effet de technique dans le cas de la Chine, nous allons tout d'abord vérifier dans cette section s'il existe une relation directe entre le PIB par tête et l'intensité d'émission industrielle moyenne au SO₂ de chaque province. Les résultats de l'estimation sont rapportés dans le Tableau 3.1. Afin de distinguer la différence potentielle de coefficient entre les 3 grandes villes et les 26 provinces, nous procédons ici, comme dans le Chapitre 2, à quatre estimations.

¹ L'équation (3.8) est une équation d'identité. Par conséquent, le terme de l'effet de composition $\sum_j \frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it}$ est égal à 1 pour chaque période. Pour dériver sa contribution à l'émission totale ou à la densité d'émission, nous utilisons un principe de statique comparative : Toutes choses égales par ailleurs, si seulement le ratio des industries les plus polluantes par rapport à l'industrie totale augmente, mais que $e_{j,it} = e_{j,it-1}$, nous aurons $\sum_j \frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it} = \sum_j \frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it-1} > \sum_j \frac{Y_{j,it-1}}{Y_{it-1}} \times e_{j,it-1}$ et par conséquent $\sum_j \frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it-1} > 1$; Résultat qui à son tour conduit à une augmentation de l'émission totale.

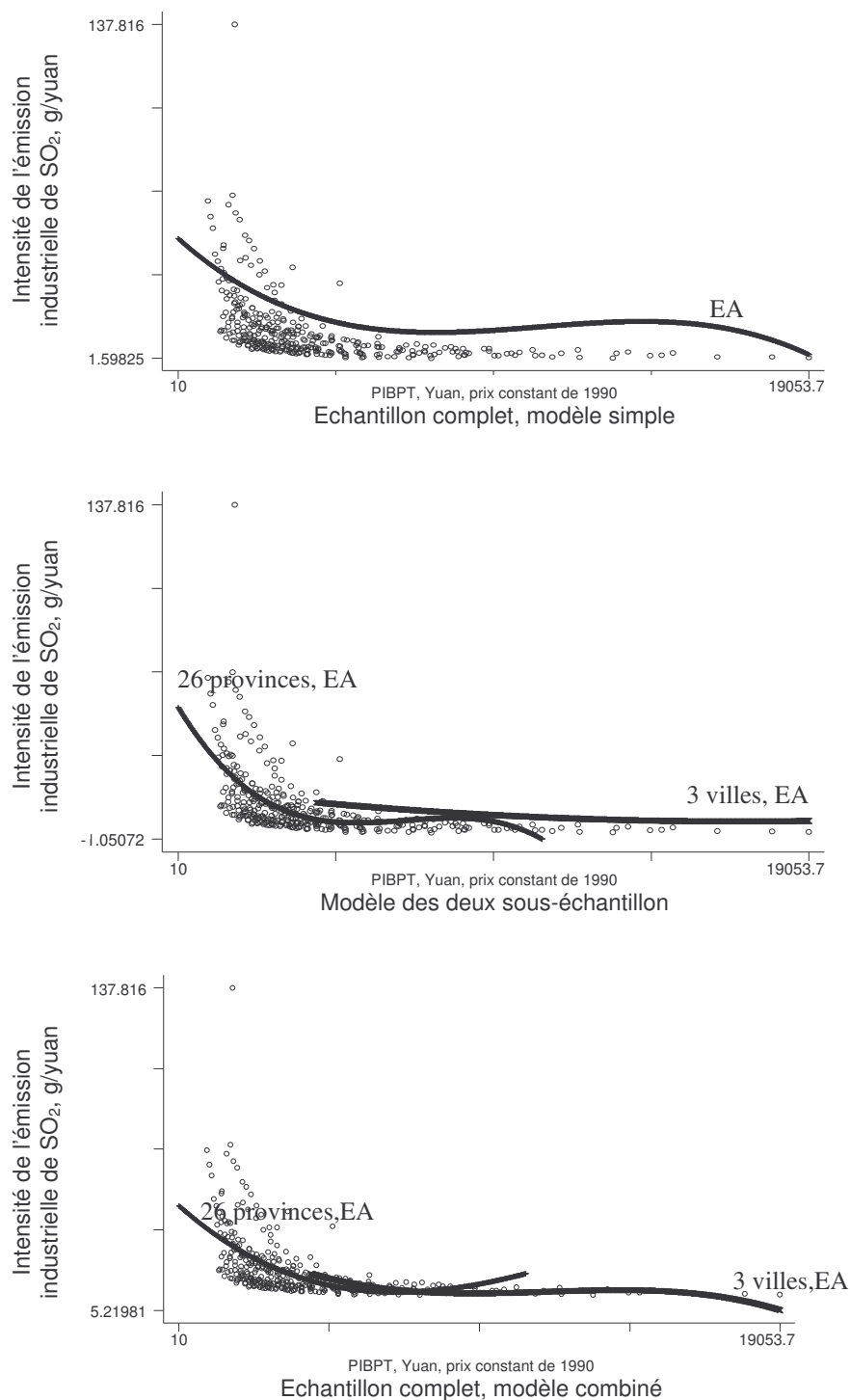
Tableau 3.1. Relation entre le PIB par tête et l'intensité d'émission industrielle de SO₂

	Echantillon complet		26 provinces		3 villes		Modèle combiné	
	EA	EF	EA	EF	OLS	EF	EA	EF
GDPPC (1/1000)	-12,114 (10,36)***	-11,903 (6,95)***	-22,812 (9,13)***	-22,547 (6,54)***	-1,627 (7,00)***	-1,508 (11,03)***	-12,466 (10,35)***	-13,195 (6,72)***
GDPPC² (1/1000)²	1,212 (7,80)***	1,187 (6,00)***	3,490 (6,75)***	3,457 (5,80)***	0,048 (4,71)***	0,039 (7,14)***	1,191 (6,89)***	1,393 (5,29)***
GDPPC³ (1/1000)³	-0,037 (6,40)***	-0,036 (5,33)***	-0,170 (5,42)***	-0,169 (5,25)***			-0,028 (3,30)***	-0,042 (3,47)***
CityxGDPPC							1,626 (0,95)	-3,392 (1,09)
CityxGDPPC²							-0,217 (1,60) ^o	0,085 (0,45)
Constante	40,593 (14,02)***		53,864 (13,35)****		15,883 (13,09)***		41,403 (13,60)***	
R-carée	0,3574	0,3114	0,3694	0,3680	0,8449	0,8935	0,3619	0,3246
F test		47,63		54,92		130,03		30,19
AR(1)	1,4631	0,8541	1,5364	0,9034	1,7203	1,8035	1,4824	0,8768
Breuch-pagan		729,53 (0,000)		683,40 (0,000)		18,44 (0,000)		733,72 (0,000)
Hausman		1,19 (0,7563)		0,93 (0,8190)				2,15 (0,8287)
Point de retournement province (Pic)	13901,28 (8384)	13869,77 (9709)	8231,33 (7502)	8238,38 (5141)			25251,25 (12520)	15332,45 (11804)
Point de retournement province (Creux)	7802,18 (5013)	7853,56 (5978)	5420,73 (4902)	5398,82 (7712)			6944,50 (4123)	6856,59 (5489)
Point de retournement ville (Pic)	13901,28 (8384)	13869,77 (9709)			--	--	13695,00 (31163)	14315,97 (--)
Point de retournement ville (Creux)	7802,18 (5013)	7853,56 (5978)			16947,92 (1424)	19333,33 (1029)	9370,18 (23099)	9231,41 (--)
Observations	348	348	312	312	36	36	348	348
Provinces	29	29	26	26	3	3	29	29

Les valeurs absolues des t de student sont entre parenthèses, ^o significatif à 15%, * significatif à 10% ** significatif à 5%; *** significatif à 1%.

Les erreurs standards des points de retournement sont entre parenthèses, les – qui apparaissent dans la dernière colonne montrent la non convergence des résultats due à la faible significativité de coefficients d'estimation.

Graphique 3.11. Corrélation entre le PIBPT et l'intensité d'émission industrielle de SO₂



Le Graphique 3.11 montre les relations estimées. Nous observons dans les quatre estimations une relation généralement décroissante entre l'intensité d'émission industrielle de SO₂ et la croissance du revenu par tête, bien que cette relation présente de légères fluctuations vers les niveaux de revenu les plus élevés pour certains échantillons. Par conséquent, le

revenu par tête peut ici être un bon indicateur du progrès technique réducteur de pollution. Ce résultat nous rappelle la conclusion de Hettige et al (2000, p460) et confirme les travaux de Selden et Song (1995), de Panayotou (1997) et de Cole et Elliott (2003).

(3) Estimation de la fonction structurelle

Etant donné que la relation entre l'intensité d'émission $\frac{SO_{2,it}}{Y_{it}}$ et le PIB par tête est généralement négative, si on choisit avec précaution l'unité de mesure dans l'équation (3.9), nous devons pouvoir directement remplacer l'intensité d'émission moyenne par le PIB par tête de chaque province, $GDPPC_i$.

$$\frac{SO_{2,it}}{area_i} = \underbrace{\frac{Y_{it}}{area_i}}_{\text{Echelle}} \times \underbrace{\sum_j \left(\frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it} \right)}_{\text{Composition}} \times \underbrace{GDPPC_i}_{\text{Technique}} \quad (3.10)$$

Par conséquent, différenciant de l'hypothèse sur la CKE, nous trouvons dans l'équation (3.10) que le PIB par tête n'est qu'un déterminant de l'émission industrielle de SO_2 parmi d'autres, tous comme le sont les effets d'échelle ($Y_{jt}/area_j$) et de composition ($\sum_i (Y_{i,jt}/Y_j \times e_{i,jt})$). Dans cette nouvelle fonction de détermination structurelle, la croissance du revenu par tête, considérée comme un facteur de réduction de la pollution, agit collectivement avec l'élargissement de l'échelle de production et la transformation de la composition industrielle pour déterminer le niveau de l'émission. Il ne s'agit donc plus du seul facteur permettant de conduire à la formation de la courbe en U inversé.¹

En se basant sur l'équation (3.10), nous obtenons la fonction d'estimation finale utilisée dans ce chapitre pour étudier la détermination structurelle de l'émission :

$$SO_{2it} = \alpha_i + \eta_t + \beta GDPPC_{it} + \gamma Scale_{it} + \theta Composition_{it} + \eta popden_{it} + Z_{jt}' \phi + \rho t + \varepsilon_{jt} \quad (3.11)$$

A côté de $GDPPC_{it}$ qui mesure l'effet de technique, nous utilisons le PIB industriel provincial divisé par la superficie de la province pour mesurer l'effet d'échelle ($Scale_{it}$). Nous attendons un coefficient positif pour cet effet. La construction de l'effet de composition requiert ici l'utilisation de données sur l'intensité d'émission et la valeur ajoutée par secteur. Cependant, seuls les données sur les valeurs ajoutées des différents secteurs industriels sont

¹ Cole et Elliott (2003) emploient l'émission de SO_2 par tête comme variable dépendante dans leur recherche sur les déterminants structurels de la CKE. Néanmoins, cela les oblige à employer le PIB par tête pour capturer à la fois les effets de technique et d'échelle. Par rapport à leur papier, l'avantage pour nous d'utiliser la *densité* d'émission *industrielle* de SO_2 comme variable dépendante est double. D'une part, se concentrer seulement sur les déterminants de l'émission *industrielle* de SO_2 nous permet de distinguer l'effet d'échelle et l'effet de technique, puisque le premier est mesuré par le PIB *industriel* total et le dernier par le PIB *par tête*. D'autre part, utiliser la *densité* de l'émission industrielle de SO_2 comme variable dépendante nous aide également à réduire la corrélation potentielle entre le PIB industriel total et le PIB par tête, dans la mesure où le premier est désormais déflaté par la surface géographique de la province et le dernier par la taille de la population.

disponibles, et nous ne possédons pas celles pour les intensités d'émission. Par conséquent, nous avons aussi besoin d'un indicateur pouvant approximer pour l'effet de composition. Etant donné que notre modèle structurel est très semblable à celui proposé par ACT (2001), nous décidons de suivre leur exemple et d'utiliser le ratio $(K/L)_{it}$ pour décrire l'effet de composition dans chaque province. Une hypothèse implicite à cette extrapolation est que plus un secteur utilise intensivement du capital, plus il devrait émettre de pollution.¹ Nous attendons donc un coefficient positif pour cette variable.

L'utilisation d'un estimateur pour données de panel nous permet d'introduire des effets spécifiques provinces (α_i) et temps (η_t) dans l'équation (3.10). Pour permettre de faire la correspondance avec le Chapitre 1, les estimations de la densité d'émission incluent toujours la densité de population. Par ailleurs, considérant la possibilité d'une relation non linéaire entre la densité industrielle d'émission de SO₂ et ses déterminants, nous permettons l'inclusion dans les estimations de termes polynomiaux d'ordre supérieur pour les trois déterminants quand cela s'avère nécessaire.

3.3.2. Résultats de l'estimation du modèle structurel

Les résultats d'estimation basés sur l'équation (3.11) sont rapportés dans le Tableau 3.2. En ce qui concerne l'effet de technique mesuré par le revenu par tête, nous continuons à utiliser la forme fonctionnelle combinée avec structure en « spline » tout en éliminant graduellement les termes polynomiaux du revenu qui ne sont pas significatifs. Par conséquent, dans cette étape, nous distinguons toujours la différence potentielle dans les coefficients des termes du revenu par tête entre les provinces et les villes.

L'inclusion des caractéristiques structurelles et d'échelle dans la détermination de la densité industrielle d'émission de SO₂ augmente de façon évidente la puissance explicative du modèle. La valeur du R² ajustée passe ainsi de 0,50 (Tableau 2.4) à 0,62 (Tableau 3.2). Les valeurs statistiques plus satisfaisantes du test d'autocorrélation rappellent également le problème potentiel de corrélation dans les analyses précédentes de la CKE qui était dû aux variables omises. Le coefficient positif de l'effet d'échelle confirme qu'une plus grande densité de l'activité industrielle engendre une densité d'émission industrielle de SO₂ plus élevée. Par contre, le coefficient significatif mais négatif obtenu pour le rapport $(K/L)_{jt}$ est contraire à notre prédiction originale et à la conclusion générale obtenue à partir de

¹ La même hypothèse a déjà été largement utilisée dans les analyses de Copeland et Taylor (1994, 1997), ACT (2001) et Cole et Elliott (2003).

l'expérience internationale. Selon ces résultats, plus une province a un ratio capitalistique de son industrie élevé, plus sa densité d'émission de SO₂ devrait *baisser*.

Tableau 3.2. Modèle structurel et résultats de la décomposition (Densité de l'émission industrielle de SO₂)

Variables	EF	AB	EF	AB	EF	AB
GDPPC (1/1000)	-0,506 (0,57)	-1,020 (1,43)	-0,462 (1,75)*	0,124 (0,26)	-0,160 (1,23)	-0,455 (1,68)*
GDPPC ² (1/1000) ²	0,025 (0,21)	0,096 (1,40)	0,019 (1,19)	-0,033 (1,07)		
GDPPC ³ (1/1000) ³	-0,000 (0,05)	-0,006 (2,41)**				
City×GDPPC	2,469 (1,94)*	2,465 (1,96)**	2,528 (3,14)***	3,462 (2,54)**	2,331 (2,86)***	3,869 (2,71)***
City×GDPPC ²	-0,150 (1,90)*	-0,120 (1,58) ^o	-0,154 (3,29)***	-0,178 (2,32)**	-0,138 (2,96)***	-0,207 (2,60)***
K.L (1/10000)	-0,147 (6,03)***	-0,154 (2,15)**	-0,146 (6,22)***	-0,151 (1,95)*	-0,145 (6,18)***	-0,154 (2,04)**
Scale	1,416 (3,29)***	2,383 (4,57)***	1,407 (4,11)***	2,068 (3,08)***	1,411 (4,14)***	2,065 (3,05)***
Popden	-0,034 (5,52)***	-0,049 (10,71)***	-0,034 (5,53)***	-0,046 (9,83)***	-0,034 (5,56)***	-0,046 (9,66)***
trend	0,254 (2,79)***	0,344 (2,84)***	0,250 (5,02)***	0,213 (2,15)**	0,207 (5,75)***	0,301 (3,50)***
SO ₂ den _{t-1}		-0,258 (3,52)***		-0,223 (3,40)***		-0,218 (3,40)***
R-carré	0,6167		0,6167		0,6158	
F test	25,41		26,90		28,48	
AR(1)	2,1021	-1,61 (0,1082)	2,0903	-1,60 (0,1093)	2,0776	-1,60 (0,1096)
AR(2)		0,18 (0,8610)		0,35 (0,7276)		0,38 (0,7016)
Breuch-pagan	88,78 (0,000)		101,56 (0,000)		109,09 (0,000)	
Hausman	1981,25 (0,000)		1752,54 (0,000)		1588,17 (0,000)	
Sagan		19,77 (1,000)		18,91 (1,000)		22,06 (1,000)
Observations	348	290	348	290	348	290
Provinces	29	29	29	29	29	29

▪ ^o significatif à 15%, * significatif à 10% ** significatif à 5%; *** significatif à 1%. Valeurs absolues des t de student entre parenthèses.

▪ Les erreurs standards des points de retournement sont entre parenthèses.

▪ FE indique une estimation avec effet fixe, AB une estimation en GMM dynamique de Arellano-Bond (1991) avec effet fixe.

Ce résultat contre intuitif peut probablement s'expliquer par le fait que le ratio K/L est un bon indicateur de l'effet de composition quand l'analyse se concentre sur l'ensemble de l'économie, mais qu'il perd de sa pertinence quand l'analyse se concentre seulement sur le secteur industriel. Notre explication est que la performance environnementale de la structure de toute l'économie et le ratio K/L total suivent à peu près le même parcours quand l'économie commence à passer d'une structure dominée par les secteurs agricoles peu

capitalistiques et peu polluants à un processus d'industrialisation qui accroît parallèlement l'intensité capitalistique et l'intensité de pollution pour finalement arriver à une structure post-industrielle dont les procédés de production reviennent à une combinaison de faible ratio de K/L et de faible émission. Cependant, une fois que notre attention est concentrée sur le seul secteur industriel, ce raisonnement n'est plus valable. En effet, une industrie peu polluante ne signifie pas forcément une industrie peu intensive en capital (Cf. les industries de l'information). Les graphiques 3.6 et 3.7 nous montrent d'ailleurs que les secteurs qui emploient le plus intensivement le capital ne sont pas forcément les secteurs qui polluent le plus. Nous croyons que, surtout au tout début de l'industrialisation, une augmentation du ratio capitalistique dans les industries légères indique plus probablement une plus grande efficacité technique et donc moins de pollution. Dinda et al (2000) indiquent aussi l'ambiguïté potentielle liée à l'utilisation du ratio K/L comme mesure de la performance environnementale de la composition industrielle, car «le secteur intensif en capital peut également être propriétaire de technologies propres».

En ce qui concerne l'effet de technique, la fonction d'estimation en «spline» indique encore une fois des résultats différents entre les 26 provinces et les 3 villes. Alors que la corrélation négative prévue entre le PIB par tête et la densité d'émission de SO₂ est confirmée pour les 26 provinces, ce n'est pas le cas pour les 3 villes. Pour elles, l'inclusion des effets d'échelle et de composition dans la fonction d'estimation structurelle de l'émission semble seulement capable de décomposer de façon partielle la corrélation combinée entre la densité d'émission et la croissance du revenu par tête originalement proposée par l'hypothèse de la CKE. Les coefficients obtenus pour les termes du revenu prédisent toujours une courbe en U inversé, mais avec un point de retournement réduit à 7900-8400 yuans selon la méthode utilisée. Cette divergence entre les provinces et les grandes villes peut être partiellement expliquée par leurs différences structurelles, notamment par une production industrielle qui est plus guidée dans les 3 villes par la consommation que dans les 26 provinces. La persistance de la forme U inversé entre l'émission et le PIB par tête dans le modèle structurel nous avertit de l'efficacité restreinte de la décomposition de ce modèle. Nous soupçons que la perte potentielle d'efficacité de ce modèle vient de deux principaux aspects. Le premier aspect est que nous oublions toujours certains déterminants structurels qui devraient être inclus dans l'estimation du modèle. Le second est l'extrapolation inadéquate de l'effet de composition par le ratio $(K/L)_{it}$.

Tableau 3.3. Modèle structurel et résultats de la décomposition (Emission industrielle totale de SO₂)

	Modèle structurel	
	EA	EF
GDPPC (1/1000)	170,706 (2,35)**	228,012 (2,04)**
GDPPC ² (1/1000) ²	-35,019 (3,34)***	-37,462 (2,86)***
GDPPC ³ (1/1000) ³	1,743 (3,14)***	1,872 (3,12)***
City×GDPPC	-154,380 (2,42)**	-178,999 (1,96)*
City×GDPPC ²	34,064 (3,39)***	34,124 (2,75)***
City×GDPPC ³	-1,777 (3,30)***	-1,820 (3,12)***
K/L (1/10000)	-6,368 (1,66)	-3,287 (0,87)
Scale	2,096 (6,21)***	1,065 (2,27)**
trend	2,475 (0,32)	-1,663 (0,14)
so2 _{t-1}		0,262 (3,40)***
Constante	227,421 (2,08)**	
R-carré	0,4863	0,4300
F test		13,67
AR(1)	1,3298	1,2583
Breuch-pagan		1098,43 (0,000)
Hausman		417,4 (0,000)
Point de retournement province (Pic)	3204 (2531)	4697 (5020)
Point de retournement province (Creux)	10191 (6759)	8644 (9228)
Point de retournement ville (Pic)	6376 (35561)	9411 (39593)
Point de retournement ville (Creux)	--	33383 (129414)
Observations	348	319
Provinces	29	29

▪ ° significatif à 15%, * significatif à 10%** significatif à 5%; *** significatif à 1%. Les valeurs absolues des t de student sont entre parenthèses.

▪ Les erreurs standards des points de retournement sont entre parenthèses.

Afin de pouvoir comparer, nous appliquons également le modèle structurel de détermination au cas de l'émission industrielle totale de SO₂. Les résultats d'estimation sont rapportés dans le Tableau 3.3. Bien que l'effet de décomposition soit relativement moins efficace que dans le cas de la densité d'émission industrielle de SO₂, nous pouvons cependant observer une bonne stabilité des résultats. Les résultats basés sur l'émission industrielle totale de SO₂ confirment l'effet positif de l'effet d'échelle, ainsi que l'effet négatif inattendu de l'effet de composition. La faible efficacité de nos efforts pour décomposer l'émission industrielle de SO₂ peut ici aussi être appréhendée à partir des coefficients de l'effet de technique.

Semblables aux résultats pour la densité de l'émission de SO_2 , alors que les effets conjoints de l'échelle de production et de la composition industrielle enlèvent une partie du pouvoir explicatif du PIB par tête dans la détermination de l'émission industrielle de SO_2 , ceux-ci permettent toujours l'apparition d'une relation en forme de U inversé entre le PIB par tête et l'émission, et non pas la tendance décroissante prédite dans le Tableau 3.1.

3.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons tout d'abord réalisé une analyse graphique des déterminants structurels potentiels de l'émission et de leurs rôles dans la formation de la CKE. Ensuite, à l'aide d'une idée similaire à celle de la décomposition de Grossman (1995), nous avons établi une fonction de détermination structurelle. Dans ce modèle, le PIB par tête sert de mesure à l'effet de technique et devient un déterminant de l'émission parmi d'autres. Alors que notre analyse se basant sur la fonction d'estimation de forme réduite de l'hypothèse d'origine de la CKE suggère une corrélation toujours croissante entre la croissance économique et la densité industrielle d'émission de SO_2 , à partir d'un point de vue plus structurel, les résultats d'estimation de ce chapitre montrent que la croissance du revenu devrait être considérée comme un facteur de réduction étant donné sa corrélation sensiblement négative avec l'intensité d'émission industrielle de SO_2 – ce qui est particulièrement le cas des 26 provinces chinoises.

Cependant, les résultats d'estimation de ce chapitre indiquent également une potentielle inefficacité de notre modèle de décomposition structurelle. En effet, pour la densité d'émission des 3 grandes villes et pour l'émission industrielle totale de SO_2 , nous ne décomposons que partiellement l'effet négatif de technique. Nous suspectons deux sources à cette perte d'efficacité : l'utilisation inadéquate du ratio K/L comme mesure de l'effet de composition et/ou l'omission d'autres importants déterminants structurels de l'émission.

Chapitre 4. Une analyse non paramétrique de la décomposition des effets d'échelle, de composition et de technique : la décomposition de l'indice de Divisia

Afin de pallier la faible efficacité du modèle structurel de détermination de l'émission du Chapitre 3, nous utilisons ici la méthode de décomposition de l'indice de Divisia pour obtenir une meilleure compréhension des trois déterminants de l'émission : Effets d'échelle, de composition et de technique. Bien que l'identification des sources ultimes de l'émission et de sa variation soit probablement une tâche au-delà de la portée de cette analyse de décomposition non paramétrique et que la méthode de décomposition elle-même n'indique pas directement les effets causaux cachés derrière l'hypothèse de la CKE, elle peut cependant nous donner des informations plus détaillées sur le rôle spécifique de ces trois facteurs dans la détermination de l'émission industrielle de SO₂ de chaque province au cours de la dernière décennie.

4.1. Revue de la littérature sur les analyses de décomposition

Bien que différentes dans leurs méthodes concrètes de décomposition, la majeure partie des analyses sur la décomposition de la détermination de l'émission partagent trois caractéristiques communes. Premièrement, comme l'expression mathématique de la contribution d'un déterminant à la variation totale de l'émission est la dérivée continue de la pollution par rapport à ce déterminant, le raisonnement commun à ces analyses de décomposition est de trouver la transformation mathématique appropriée pour adapter le caractère continu de la dérivée mathématique à la nature discrète des données statistiques disponibles. Deuxièmement, l'efficacité des analyses de décomposition dépend généralement plus fortement de la disponibilité en données détaillées sur l'émission et la structure

économique que l'analyse de la forme réduite de la CKE ou le modèle structurel développé dans le Chapitre 3. En raison de ces fortes exigences sur les données, la plupart des tentatives précédentes de décomposition ont basé leurs analyses sur l'expérience des pays développés, dont le système statistique complet permet d'avoir des données détaillées de l'émission, de la production et des intrants au niveau national et sectoriel. Finalement, les structures de ces modèles de décomposition suivent toutes plus ou moins l'idée de la décomposition de Grossman (1995). Bien que différents dans leur degré de précision, les déterminants structurels inclus dans les analyses peuvent ainsi être toujours facilement classés par catégorie entre effets d'échelle, de composition et de technique.

Partageant les points communs énoncés ci-dessus, les études de décomposition existantes peuvent être classées en deux groupes selon leurs méthodes concrètes de décomposition. Le premier groupe se base sur la méthode de décomposition avec «pondération fixe». Les études représentatives de ce groupe sont celles de Selden et al (1999) et de Bruvoll et Medin (2003), qui étudient respectivement les déterminants structurels de la variation de divers cas d'émission aux Etats-Unis (1970-1990) et en Norvège (1980-1996). Le deuxième groupe d'études utilise les méthodes de décomposition avec pondération adaptative de Divisia (Adapted Weighted Divisia, AWD en anglais), fréquemment employées dans la littérature sur l'énergie. Le papier représentatif de ce groupe d'études est celui de Bruyn (1997). Celui-ci utilise cette méthode pour décomposer les changements dans les ratios émission/output entre 1980 et 1990 pour l'Allemagne de l'Ouest et les Pays Bas en variations techniques et structurelles.

Les similitudes et différences entre ces deux méthodes concrètes de décomposition peuvent être expliquées par les équations suivantes. À partir de la décomposition de Grossman (1995) de l'équation (3.1), si nous divisons les deux côté de l'équation par Y_t (le revenu total de l'économie), alors nous obtenons l'équation (4.1) qui suggère que l'intensité d'émission U_t dépend de ses caractéristiques structurelles ($S_{j,t}$) et techniques ($I_{j,t}$).

$$U_t = \frac{E_t}{Y_t} = \sum_{j=1}^n S_{j,t} \quad (4.1)$$

La différentiation de l'équation (4.1) par rapport au temps donne la fonction de décomposition continue suivante :

$$U'_t = \sum_j S'_{j,t} + \sum_j S_{j,t} I'_{j,t} \quad (4.2)$$

Une première étape commune à ces deux méthodes de décomposition est de devoir adapter cette fonction de décomposition continue à une approximation discrète en raison de

données généralement rapportées sur une base annuelle. Cependant, la divergence entre ces deux méthodes commence également ici. La méthode AWD insiste sur un ajustement de la pondération au cours du temps, alors que la méthode avec pondération fixe suggère de maintenir la pondération initiale dans le calcul de la période suivante. Cette différence est expliquée dans les deux équations groupées dans (4.3) suivantes.

$$\text{Méthode AWD : } U_t - U_0 = \underbrace{\sum_j [I_{j,0} + \alpha(I_{j,t} - I_{j,0})](S_{j,t} - S_{j,0})}_{\text{structure}} + \underbrace{\sum_j [S_{j,0} + \beta(S_{j,t} - S_{j,0})](I_{j,t} - I_{j,0})}_{\text{technique}}$$

(α, β sont généralement supposés être égaux à 0,5)

$$\text{Méthode avec pondération fixe : } U_t - U_0 = \underbrace{\sum_j I_{j,0}(S_{j,t} - S_{j,0})}_{\text{structure}} + \underbrace{\sum_j S_{j,0}(I_{j,t} - I_{j,0})}_{\text{technique}} \quad (4.3)$$

En raison de sa « connectivité », la méthode avec pondération fixe montre un avantage car elle peut toujours assurer une somme des effets individuels égale aux changements totaux. En revanche, la méthode AWD, produit souvent un effet résiduel qui n'a aucune interprétation économique claire. Cependant, pour utiliser la méthode de décomposition avec pondération fixe, une hypothèse supplémentaire est nécessaire : la part de la contribution des effets de structure et de technique dans l'évolution totale de l'émission doit toujours être égale à leur pondération originale. Clairement, cet effort de décomposition vise à fournir un élément de preuve *à fortiori*. Ainsi, en l'absence de l'autre effet, un changement dans un seul de ces deux effets (composition ou technique) suffira à provoquer une baisse de l'intensité d'émission. Ceci diverge pourtant de l'intention originale de l'analyse de la décomposition, qui est d'étudier la contribution *réelle, unique* et « *path-dependent* » de l'effet de structure (de technique) dans l'évolution du ratio émission/output, en conjonction avec le développement historique de l'effet de technique (de structure)—un objectif qui semble être plus réalisable avec la méthode AWD. En outre, nous allons voir dans l'analyse suivante que l'effet résiduel inexplicable de la méthode AWD peut être contraint à une valeur très faible en utilisant la forme fonctionnelle de décomposition appropriée. Par conséquent, dans l'analyse de décomposition de ce chapitre, nous préférons employer la méthode AWD.

4.2. Présentation de la méthode de décomposition de l'indice de Divisia

4.2.1. Origine de l'indice de Divisia

La méthode de décomposition AWD est due au principe de l'indice de Divisia. Il s'agit de la formule d'un indice de temps continu créé par François Divisia en 1925. Cet indice est

très souvent utilisé dans les discussions théoriques de l'agrégation de données et de la mesure du changement technique. Celui-ci est défini par rapport aux trajectoires temporelles (« time path » en anglais) d'un ensemble de variables. Par exemple, pour une période t , si les prix sont $[P_1(t), P_2(t), P_3(t), \dots, P_N(t)]$ et les produits sont $[X_1(t), X_2(t), X_3(t), \dots, X_N(t)]$, la dépense totale pour ce groupe de produits est donnée par :

$$Y(t) = P_1(t)X_1(t) + P_2(t)X_2(t) + P_3(t)X_3(t) + \dots + P_N(t)X_N(t). \quad (4.4)$$

En utilisant des points au dessus des variables pour indiquer les dérivées par rapport au temps, la différentiation totale de (4.4) donne:

$$\frac{\dot{Y}(t)}{Y(t)} = \sum_{i=1}^N \frac{P_i(t)X_i(t)}{Y(t)} \frac{\dot{P}_i(t)}{P_i(t)} + \sum_{i=1}^N \frac{P_i(t)X_i(t)}{Y(t)} \frac{\dot{X}_i(t)}{X_i(t)}. \quad (4.5)$$

La première somme à droite définit l'indice des prix de Divisia et la seconde l'indice des quantités de Divisia. Les deux indices sont des taux de croissance moyens pondérés de $P_i(t)$ et $X_i(t)$, où les pondérations sont les parts de la dépense totale : $\frac{P_i(t)X_i(t)}{Y(t)}$. La somme de l'équation (4.5) définit par conséquent le taux de changement des indices agrégés des prix et des quantités. Les niveaux de ces indices sont obtenus par l'intégrale de la trajectoire suivie par les prix et les quantités sur l'intervalle de temps $[0, T]$. Pour l'indice des quantités, l'intégrale est de la forme suivante :¹

$$I_q(0, T) = \exp \left\{ \int \left[\sum_{i=1}^N \frac{P_i(t)X_i(t)}{Y(t)} \frac{\dot{X}_i(t)}{X_i(t)} \right] dt \right\}. \quad (4.6)$$

Nous notons que l'indice de Divisia est défini en supposant que le temps est une variable continue. Cette particularité n'est pas réellement appropriée à l'analyse empirique, où les données sur les prix et les quantités se rapportent à des points discrets dans le temps.

Pour résoudre ce problème, nous devons approximer les variables continues de l'équation (4.5) par leurs contre-parties discrètes. Le principe de Törnqvist (1936) suggère d'approximer le taux de croissance des prix et des quantités par les différences logarithmiques et les pondérations continues par les moyennes arithmétiques de la période. Ainsi, l'approximation de Törnqvist du taux de croissance de l'indice des quantités de Divisia peut être décrite par :

$$\sum_{i=1}^N 0.5 \left[\frac{P_{i,t} X_{i,t}}{Y_t} + \frac{P_{i,t-1} X_{i,t-1}}{Y_{t-1}} \right] \ln \left(\frac{X_{i,t}}{X_{i,t-1}} \right) \quad (4.7)$$

De la même façon, l'indice des prix de Divisia peut être calculé par :

¹ Pour plus de détails sur les intégrales de Divisia, voir Richter (1966) et Hulten (1973).

$$\sum_{i=1}^N 0.5 \left[\frac{P_{i,t} X_{i,t}}{Y_t} + \frac{P_{i,t-1} X_{i,t-1}}{Y_{t-1}} \right] \ln \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) \quad (4.8)$$

En comparant les équations (4.7) et (4.8) à l'équation de la méthode AWD décrite par l'équation (4.3), nous pouvons remarquer que l'approximation de Törnqvist pour la méthode de décomposition de l'indice de Divisia correspond exactement à la méthode AWD.

En dehors du principe d'approximation de Törnqvist, basé sur la méthode originale de décomposition de l'indice de Divisia, plusieurs autres principes d'approximation ont également été développés, comme ceux de Laspeyres, de la moyenne simple de Divisia, etc. Greening et al (1997, 1998) considèrent dans leur analyse comparative des différents principes que la méthode AWD est celle qui présente le plus petit résidu après une variation. Par conséquent, nous n'introduirons dans la section suivante que la méthode AWD.¹

4.2.2. Application de la méthode de décomposition de l'indice de Divisia aux économies d'énergies

L'objectif principal de la méthode de décomposition de l'indice de Divisia est de fournir le ratio de la contribution de chaque déterminant dans les changements totaux en utilisant seulement les variations des facteurs, sans avoir une connaissance précise de la fonction de détermination réelle. Pour cette raison, cette méthode a été largement appliquée dans les analyses de décomposition sur l'intensité d'énergie agrégée des industries manufacturées (Ang, 1994, 1995).

Etant donné le lien direct entre la combustion d'énergie et l'émission de polluants, cette méthode de décomposition a été au cours des dernières décennies élargie aux analyses sur les contributions des changements structurels et sur l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des intrants énergétiques dans la variation de l'intensité d'émission. Torvanger (1991) et Greening et al (1997, 1998) pour les pays de l'OCDE, Alcántara et Roca (1995) pour l'Espagne et Lin et Chang (1996) pour Taiwan sont de bons exemples.

Pour illustrer l'application de la méthode de décomposition de l'indice de Divisia dans le domaine des économies d'énergies, nous supposons que toute l'émission des activités de production peut être exprimée par la fonction d'identité suivante :

$$Z_t = \sum_i \sum_j U_{ij,t} \left(\frac{E_{ij,t}}{E_{i,t}} \right) \left(\frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}} \right) \left(\frac{Y_{i,t}}{Y_t} \right) Y_t \quad (4.9)$$

¹ Pour de plus amples détails sur les différences et les liens entre ces indices de décomposition, voir Ang (1994, 1995, 1997) et Greening et al. (1997, 1998).

t : indice de la période	$E_{i,t}$: consommation énergétique du secteur i
i : indice du secteur	$(E_{i,t}/Y_{i,t})$: intensité énergétique du secteur i
j : indice du type d'énergie	$E_{ij,t}$: consommation en énergie j du secteur i
Z_t : émission totale	$(E_{ij,t}/E_{i,t})$: part de la consommation en énergie j dans la consommation énergétique totale du secteur i
Y_t : production totale	$U_{ij,t}$: intensité d'émission de l'énergie j du secteur i , mesurée par unité d'énergie utilisée
$Y_{i,t}$: production du secteur i	
$(Y_{i,t}/Y_t)$: part du secteur i dans la production totale	

Si $R_{tot} = Z_{t+1}/Z_t$ est une mesure du ratio du changement de l'émission agrégée entre t et $t+1$, on peut alors le définir comme le produit des ratios du changement de ses déterminants :

$$R_{tot} = R_{eme} \times R_{fsh} \times R_{str} \times R_{scl} \times R_{rsd} \quad (4.10)$$

R_{eme} : contribution du ratio du changement de l'intensité de l'émission spécifique à chaque type d'énergie utilisé dans chaque secteur.

R_{fsh} : contribution du ratio du changement de la structure énergétique spécifique à chaque secteur.

R_{str} : contribution du ratio du changement de la structure sectorielle.

R_{scl} : contribution de l'élargissement de l'échelle de production.

R_{rsd} : résidu qui n'a pas d'explication économique claire.

En suivant la procédure décrite par Ang (1994), l'équation (4.10) peut conduire à la décomposition de l'indice de Divisia suivante :

$$\begin{aligned}
 R_{eme} &= \exp \left\{ \sum_i \sum_j [w_{ij,t} + \alpha_{ij}(w_{ij,t+1} - w_{ij,t})] \ln(U_{ij,t+1}/U_{ij,t}) \right\} \\
 R_{fsh} &= \exp \left\{ \sum_i \sum_j [w_{ij,t} + \beta_{ij}(w_{ij,t+1} - w_{ij,t})] \ln \left[\left(\frac{E_{ij,t+1}}{E_{i,t+1}} \right) / \left(\frac{E_{ij,t}}{E_{i,t}} \right) \right] \right\} \\
 R_{str} &= \exp \left\{ \sum_i \sum_j [w_{ij,t} + \gamma_{ij}(w_{ij,t+1} - w_{ij,t})] \ln \left[\left(\frac{Y_{i,t+1}}{Y_{t+1}} \right) / \left(\frac{Y_{i,t}}{Y_t} \right) \right] \right\} \\
 R_{scl} &= \exp \left\{ \sum_i \sum_j [w_{ij,t} + \theta_{ij}(w_{ij,t+1} - w_{ij,t})] \ln(Y_{t+1}/Y_t) \right\} \\
 R_{rsd} &= \frac{R_{tot}}{R_{eme} \times R_{fsh} \times R_{str} \times R_{scl}} \quad (4.11)
 \end{aligned}$$

Où $w_{ij,t}$ est la part de l'émission provenant de la consommation de l'énergie j du secteur i , soit $w_{ij,t} = (Z_{ij,t}/Z_t)$. α_{ij} , β_{ij} , γ_{ij} , θ_{ij} sont des paramètres avec des valeurs variant entre 0 et 1. Assigner une valeur à ces paramètres équivaut à définir un principe d'approximation pour les intégrales utilisées dans les indices de Divisia. En faisant l'hypothèse qu'ils sont tous égaux à 0,5 ($\alpha_{ij} = \beta_{ij} = \gamma_{ij} = \theta_{ij} = 0,5$), cette méthode de décomposition de l'indice devient celle de l'indice de Divisia-Törnqvist.

A partir des cinq équations regroupées en (4.11), nous pouvons remarquer que la méthode de décomposition de l'indice de Divisia exige une grande disponibilité en données. Pour effectuer cette décomposition, nous avons non seulement besoin d'informations sur

l'émission totale Z_t , la production totale Y_t , la part du secteur i dans la production ($Y_{i,t}/Y_t$) et la consommation en énergie j dans le secteur i ($E_{ij,t}/E_{i,t}$), mais aussi de données précises sur le taux d'émission de chaque énergie dans chaque secteur ($U_{ij,t}$).

4.3. Analyse de la décomposition de l'indice de Divisia au niveau des provinces chinoises

Bien que le *Chinese Industrial Economic Statistic Yearbook* et le *China Energy Databook* fournissent des données détaillées sur la consommation en énergie et la production dans chaque secteur au niveau national et sur la production sectorielle au niveau provincial pour les années 90, nous ne possédons ni les intensités d'émission générées par la consommation des différentes énergies ni les données détaillées de la consommation en énergie de chaque secteur au niveau provincial pour cette même période. Etant données ces conditions, une analyse de la décomposition complète de l'indice de Divisia n'est réalisable ni au niveau national, ni au niveau provincial. Heureusement, les intensités moyennes d'émission pour différents secteurs industriels sont rapportées au niveau national pour toutes les années depuis 1991. A l'aide de cette série de données, il est donc encore possible de réaliser une analyse (relativement «incomplète») de la décomposition afin d'étudier les effets de l'agrandissement de l'échelle, des changements de structure et du progrès technique sur la variation de l'émission industrielle de SO_2 aux niveaux nationaux et provinciaux.

4.3.1. Adaptation de la décomposition originale de l'indice de Divisia aux données chinoises

Supposons que l'émission industrielle de SO_2 de la province i à l'année t puisse être exprimée par :

$$SO_{2it} = Y_{it} \times \sum_j \left(\frac{Y_{jit}}{Y_{it}} \times \frac{SO_{2jit}}{Y_{jit}} \right) \quad (4.12)$$

Où Y_{it} indique la production industrielle correspondante et SO_2 l'émission industrielle. Nous pouvons respectivement représenter les intensités moyennes d'émission des secteurs j au niveau national et provincial par $I_{jt} = \frac{SO_{2jt}}{Y_{jt}}$ et $I_{jit} = \frac{SO_{2jit}}{Y_{jit}}$, et la proportion du secteur j dans la production industrielle totale aux niveaux national et provincial par $S_{jt} = \frac{Y_{jt}}{Y_t}$ et $S_{jit} = \frac{Y_{jit}}{Y_{it}}$.

En raison de la contrainte de données, nous n'avons les niveaux sectoriels moyens d'intensité d'émission qu'au niveau national (I_{jt}). Par conséquent, nous avons besoin d'un

déflateur de l'efficacité e_{jit} pour chaque secteur j de la province i pour construire l'équation d'identité suivante :

$$SO_{2it} = Y_{it} \times \sum_{j=1}^n \left(\frac{Y_{jit}}{Y_{it}} \times \frac{SO_{2jit}}{Y_{jit}} \right) = Y_{it} \times \sum_{j=1}^n (S_{jit} \times I_{jit} \times e_{jit}), \text{ avec } e_{jit} = \frac{SO_{2jit}/Y_{jit}}{SO_{2jt}/Y_{jt}} \quad (4.13)$$

Pour simplifier, nous supposons que tous les secteurs industriels d'une même province partagent le même déflateur d'intensité d'émission e_{it} , ce qui signifie :

$$e_{it} = \frac{\sum_{j=1}^n (S_{jit} \times I_{jit})}{\sum_{j=1}^n (S_{jit} \times I_{jt})} = \frac{SO_{2it}}{Y_{it} \times \sum_{j=1}^n (S_{jit} \times I_{jt})} \quad (4.14)$$

En remplaçant e_{it} ainsi obtenu dans (4.14), nous obtenons une nouvelle expression de l'émission industrielle de SO_2 pour la province i en t :

$$SO_{2it} = Y_{it} \times e_{it} \times \sum_{j=1}^n (S_{jit} \times I_{jt}). \quad (4.15)$$

Sa variation partielle en t peut donc être écrite de la façon suivante :

$$\frac{SO_{2it}}{SO_{2it-1}} = \frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \times \frac{e_{it}}{e_{it-1}} \times \frac{\sum_{j=1}^n (S_{jit} \times I_{jt})}{\sum_{j=1}^n (S_{jit-1} \times I_{jt-1})} \quad (4.16)$$

En appliquant la méthode de décomposition de l'indice de Divisia présentée dans la dernière section par l'équation (4.16) et en suivant le principe d'approximation de Törnqvist, nous obtenons :

$$\frac{SO_{2it}}{SO_{2it-1}} = \frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \times \frac{e_{it}}{e_{it-1}} \times \exp\left(\sum_{j=1}^n \frac{S_{jit} \times I_{jt} \times \ln\left(\frac{S_{jit}}{S_{jit-1}}\right)}{\sum_{k=1}^n (S_{kit} \times I_{kt})}\right) \times \exp\left(\sum_{j=1}^n \frac{S_{jit} \times I_{jt} \times \ln\left(\frac{I_{jt}}{I_{jt-1}}\right)}{\sum_{k=1}^n (S_{kit} \times I_{kt})}\right) \quad (4.17)$$

La transformation de l'équation (4.17) en une spécification logarithmique par rapport à l'année de base 0 nous donne : ¹

$$\ln\left(\frac{SO_{2it}}{SO_{2i0}}\right) = \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_{i0}}\right) + \ln\left(\frac{e_{it}}{e_{i0}}\right) + \int_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \left(\frac{S_{jit} \times I_{jt}}{\sum_{k=1}^n (S_{kit} \times I_{kt})} \times \frac{d \ln(S_{jit})}{dt} \times dt\right) + \int_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \left(\frac{S_{jit} \times I_{jt}}{\sum_{k=1}^n (S_{kit} \times I_{kt})} \times \frac{d \ln(I_{jt})}{dt} \times dt\right) \quad (4.18)$$

La simplification de cette équation nous permettra par la suite de réaliser notre décomposition :

$$\ln\left(\frac{SO_{2it}}{SO_{2i0}}\right) = \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_{i0}}\right) + \ln\left(\frac{e_{it}}{e_{i0}}\right) + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n [(w_{jit} + \alpha(w_{jit} - w_{jit-1})) \times \ln\left(\frac{S_{jit}}{S_{jit-1}}\right)] + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n [(w_{jit} + \beta(w_{jit} - w_{jit-1})) \times \ln\left(\frac{I_{jt}}{I_{jt-1}}\right)]$$

¹ Ici : $\frac{SO_{2jt}}{SO_{2j0}} = \frac{SO_{2jt}}{SO_{2jt-1}} \times \frac{SO_{2jt-1}}{SO_{2jt-2}} \times \dots \times \frac{SO_{2jt}}{SO_{2j0}}$.

$$+ \text{résidus}_i \quad (4.19)$$

Où $w_{jit} = \frac{S_{jit} \times I_{it}}{\sum_{k=1}^n (S_{kit} \times I_{kt})}$. Nous supposons également $\alpha = \beta = 0,5$.

Nous appelons dans l'équation (4.19) le premier terme $\ln(\frac{Y_{it}}{Y_{i0}})$ l'effet d'échelle, la termes $\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n [(w_{jit} + \alpha(w_{jit} - w_{jit-1})) \times \ln(\frac{S_{jit}}{S_{jit-1}})]$ l'effet de structure et la somme des termes $\ln(\frac{e_{it}}{e_{i0}})$ et

$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n [(w_{jit} + \alpha(w_{jit} - w_{jit-1})) \times \ln(\frac{I_{jt}}{I_{jt-1}})]$ l'effet de technique. Une hypothèse implicite de notre

décomposition est que les mêmes secteurs industriels de différentes provinces (I_{jit}) partagent la même intensité d'émission, définies comme égale à celle du niveau national (I_{jt}). Grâce à cette hypothèse nous pourrions distinguer l'effet de composition et inclure le terme e_{it} comme un composant de l'effet de technique.

Bien que cette adaptation ne nous permette pas de saisir toute l'étendue de la structure de la consommation en énergie spécifique à chaque secteur et soit moins efficace que la méthode traditionnelle de décomposition de Divisia, elle nous aide à décomposer de façon explicite toute la variation de l'émission en une contribution relative des effets d'échelle, de composition et de technique, ce qui nous permet d'avoir une idée claire du rôle réel joué par les trois facteurs structurels dans la détermination de l'émission industrielle de SO₂.

4.3.2. Données et hypothèses

Cet ajustement de la méthode de décomposition de l'indice de Divisia est appliqué à une base de données compilées par l'auteur à partir des *China Industrial Economic Statistic Yearbook* (1992-2002), *China Statistic Yearbook* (1992-2002) et *China Energy Databook, 5.0 et 6.0*. Pour chaque province, nous avons les données détaillées des valeurs ajoutées de 13 secteurs industriels dont la somme représente jusqu'à 98% du PIB industriel total de chaque province.¹ Les 13 secteurs sont : l'exploitation minière totale, la nourriture, les boissons et le tabac, le textile et le cuir, la fabrication du papier et l'impression, toute la production d'énergie à l'exception du charbon, les matériaux chimiques, la pharmaceutique, les fibres chimiques, les produits non métalliques, les produits métalliques, la métallurgie, les machines et finalement les autres industries. Ces données détaillées des valeurs ajoutées sectorielles de chaque province sont ensuite combinées avec les données provinciales d'émission industrielle

¹ Les données de 1996 et 1998 ne sont pas officiellement publiées en raison de l'ajustement du système de statistique chinois. Par conséquent, nous réalisons pour ces deux années une extrapolation linéaire, ce qui nous permet d'avoir une série temporelle lisse des valeurs ajoutées pour chaque secteur.

de SO₂ et les données nationales de l'intensité d'émission de SO₂ pour les 13 secteurs industriels correspondants.

La majeure partie des analyses traditionnelles de décomposition de l'indice de Divisia appliquées à l'émission choisit de suivre la logique de «bottom-up», selon laquelle l'émission finale est souvent une valeur estimée obtenue en multipliant la consommation des différentes énergies par leurs coefficients d'émission correspondants. Ces coefficients d'émission sont généralement directement empruntés de certaines estimations basées sur les expériences de pays développés, telles que celles de Torvanger (1991). Cependant, comme notre but est ici d'obtenir une meilleure compréhension du mécanisme de détermination de la variation de l'émission industrielle totale de SO₂, nous choisissons de suivre la logique de «top-down» et d'effectuer une analyse directe de la décomposition à partir des statistiques d'émission industrielles totales de SO₂ dont nous disposons.

En outre, étant donnée la divergence potentielle de «pureté» entre les énergies de différents pays officiellement classés dans la même catégorie et les différences potentielles de taux d'émission reliés aux différentes technologies de combustion, nous doutons de la pertinence d'une extrapolation directe de l'émission d'un pays à partir de sa consommation énergétique et les taux d'émission estimés dans un autre pays. En conséquence, un autre avantage de notre méthode de décomposition en «top-down» est de nous garantir un effet de technique plus général mais aussi plus crédible—en enlevant simplement les effets d'échelle et de composition de la variation totale de l'émission réellement produite.

4.3.3. Résultats de la décomposition

Le Tableau 4.1 montre la variation totale de l'émission industrielle de SO₂ en 2001 par rapport à 1991 et les contributions calculées des trois effets à partir de l'équation (4.19). Bien qu'il y ait toujours quelques résidus inexplicables, en utilisant la méthode de décomposition AWD avec année de base de roulante, nous obtenons des résidus relativement petits (au tour de 1% des variations totales de l'émission).

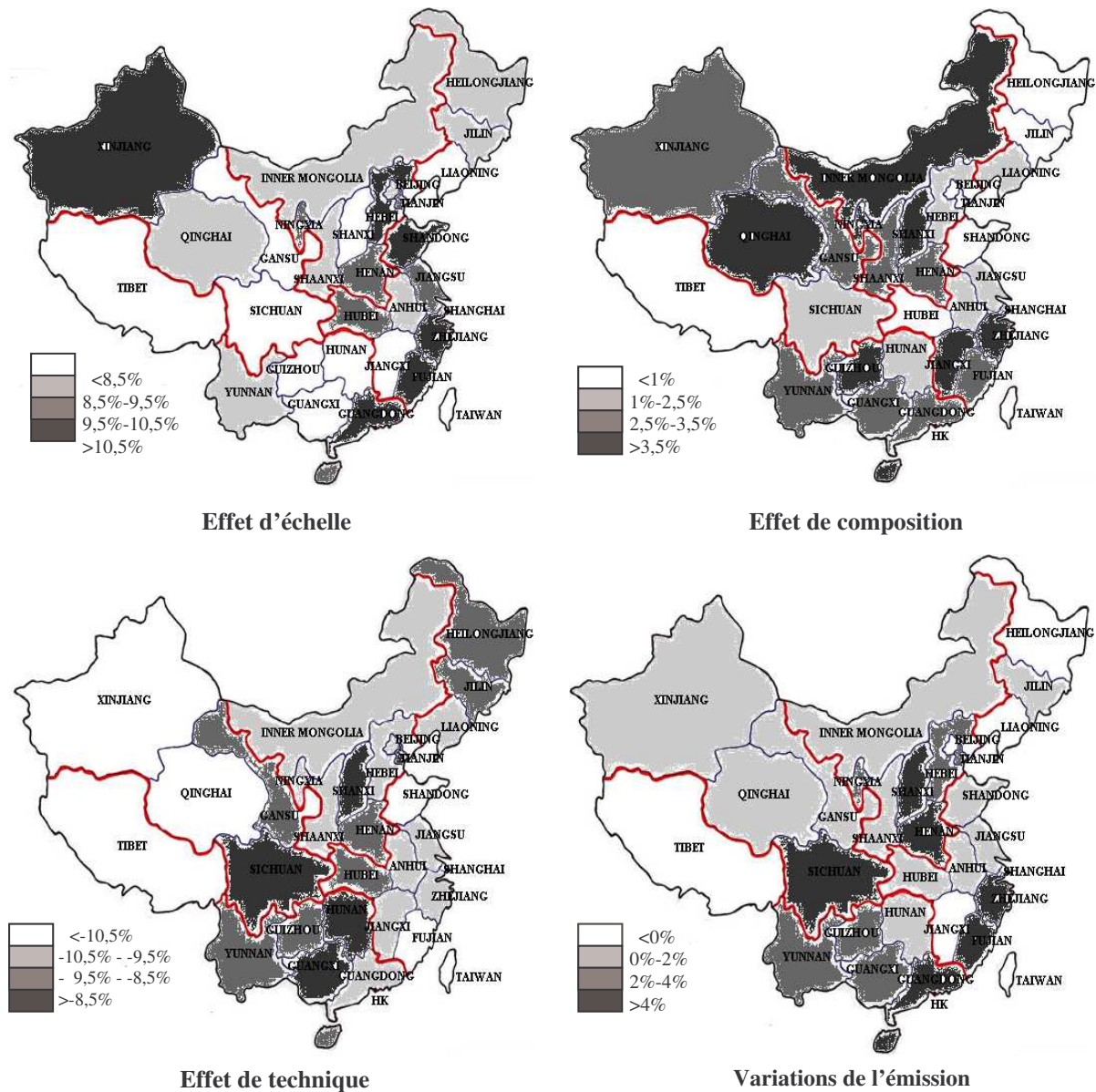
Tableau 4.1. Variations en niveau et en pourcentage moyen annuel de l'émission industrielle de SO₂ et contributions décomposées des déterminants structurels

Région	Variations en niveau (2001/1991, 1991=100)					Variations annuelles moyennes en pourcentages			
	SO ₂	Echelle	Composition	Technique	Résidu (%)	SO ₂	Echelle	Composition	Technique
CHINA	130,439	256,639	119,618	-245,041	-0,777	2,693	9,883	1,807	-9,376
BEIJING	49,162	232,090	77,310	-259,323	-0,915	-6,854	8,784	-2,541	-9,998
TIANJIN	128,040	267,690	80,557	-216,435	-3,773	2,503	10,348	-2,139	-8,027
HEBEI	139,272	271,674	119,367	-250,521	-1,248	3,368	10,511	1,786	-9,619
SHANXI	157,026	225,890	148,945	-219,026	1,217	4,616	8,490	4,064	-8,156
INNER MONGOLIA	109,759	232,172	147,057	-268,752	-0,717	0,936	8,788	3,932	-10,391
LIAONING	72,482	214,766	118,545	-260,126	-0,703	-3,167	7,944	1,716	-10,032
JILIN	111,452	237,371	107,724	-233,034	-0,609	1,090	9,029	0,747	-8,828
HEILONGJIANG	99,522	233,792	103,433	-237,982	0,279	-0,048	8,864	0,338	-9,057
SHANGAI	87,504	247,627	118,522	-278,054	-0,592	-1,326	9,491	1,714	-10,768
JIANGSU	121,179	269,686	113,497	-260,443	-1,561	1,940	10,430	1,274	-10,045
ZHEJIANG	149,130	279,017	141,876	-270,699	-1,064	4,077	10,806	3,560	-10,471
ANHUI	108,601	239,398	124,139	-254,278	-0,658	0,829	9,122	2,186	-9,782
FUJIAN	152,592	291,408	139,658	-277,021	-1,454	4,317	11,288	3,397	-10,726
JIANGXI	92,205	212,095	144,209	-262,994	-1,107	-0,808	7,809	3,729	-10,153
SHANDONG	111,157	286,172	102,656	-276,636	-1,035	1,063	11,087	0,262	-10,711
HENAN	161,708	269,904	138,154	-245,803	-0,547	4,924	10,439	3,285	-9,410
HUBEI	109,608	249,096	97,816	-235,975	-1,329	0,922	9,556	-0,221	-8,965
HUNAN	116,016	216,396	124,157	-224,474	-0,063	1,497	8,025	2,187	-8,422
GUANGDONG	177,623	296,831	135,925	-253,895	-1,238	5,913	11,494	3,117	-9,765
GUANGXI	126,180	220,430	132,304	-225,738	-0,817	2,353	8,225	2,839	-8,483
HAINAN	165,664	263,425	143,381	-241,161	0,020	5,177	10,171	3,669	-9,202
SICHUAN	152,870	225,809	120,213	-193,033	-0,119	4,336	8,486	1,858	-7,545
GUIZHOU	138,195	216,258	159,329	-237,043	-0,348	3,288	8,018	4,768	-9,014
YUNNAN	138,670	241,519	134,817	-236,947	-0,718	3,323	9,218	3,033	-9,010
SHAANXI	106,130	232,684	135,682	-261,874	-0,361	0,597	8,812	3,098	-10,106
GANSU	111,893	220,307	131,854	-240,117	-0,151	1,130	8,219	2,804	-9,155
QINGHAI	116,915	245,187	151,676	-280,407	0,458	1,575	9,383	4,254	-10,861
NINGXIA	134,111	251,767	149,474	-268,412	1,281	2,978	9,673	4,101	-10,377
XINJIANG	116,626	273,549	137,692	-294,298	-0,317	1,550	10,587	3,250	-11,398

Note : Le changement total de SO₂ est égal à la somme de la contribution des changements des effets d'échelle, de composition et de technique et du résidu. Notons ici que les résidus obtenus à partir de la méthode de décomposition AWD sont généralement très petits.

Graphique 4.1. Résultats de la décomposition de Divisia

(Variations annuelles moyennes en pourcentages)



Le Tableau 4.1 fournit les résultats de la décomposition exprimés en variation de SO₂ en niveau et en pourcentage moyen annuel. Au niveau national, l'émission industrielle totale de SO₂ en 2001 a augmenté de 30% par rapport à 1991. Nous observons également une grande différence régionale dans la variation de l'émission de SO₂, particulièrement en ce qui concerne les variations annuelles moyennes en pourcentages. Avec un niveau national moyen d'environ 2,7% de variation par an, les variations annuelles moyennes en pourcentages de certaines provinces sont très proche ou dépassent 5% (Guangdong, Hainan, Henan, Shanxi), alors que dans d'autre provinces, on observe plutôt une baisse de la pollution (Beijing, Liaoning, Heilongjiang, Shanghai et Jiangxi).

Les résultats de la décomposition nous relèvent également que l'élargissement de l'échelle de production industrielle est le facteur le plus important pour l'augmentation de l'émission. Comparés à l'augmentation réelle de l'émission, les pourcentages de l'augmentation de l'effet d'échelle sont généralement beaucoup plus importants, surtout pour les provinces côtières ou frontalières (Cf. Graphique 4.1). C'est donc parmi l'effet de composition ou de technique que nous devons chercher les facteurs permettant de réduire l'augmentation potentielle de pollution liée à l'effet d'échelle.

Les chiffres positifs liés à l'effet de composition indiquent que ce dernier est le deuxième facteur de croissance de la pollution pour de nombreuses provinces chinoises - un résultat peu surprenant pour un pays en voie d'industrialisation. Il n'y a ici que trois exceptions : Beijing, Tianjin et Hubei, dont l'effet total de composition semble conduire à une réduction de l'émission. Par ailleurs, certaines provinces relèvent une augmentation assez faible de l'émission liée à l'effet de composition: Shandong, Jiangsu, Shanghai, Liaoning et Hebei, dont le pourcentage de variation moyen annuel est inférieur à 2%. Un point commun entre ces provinces est qu'elles sont toutes situées sur la côte est de la Chine et tirent leur forte croissance économique d'un haut degré d'ouverture au commerce et au capital. Nous pensons que la transformation de la composition dans ces provinces, due à leur participation au système global de division de la production, s'orient vers les secteurs moins polluants qui utilisent en abondance de la main d'œuvre dans leurs processus de production, tels que le textile, le cuir, les vêtements et l'équipement électronique, etc. Cette idée est représentée dans la partie sur l'effet de composition du Graphique 4.1, dans laquelle l'augmentation de la pollution provoquée par l'effet de composition est graduellement renforcée quand on se déplace des provinces côtières de l'est vers celles situées au centre puis à l'ouest de la Chine, surtout au nord de la Chine.

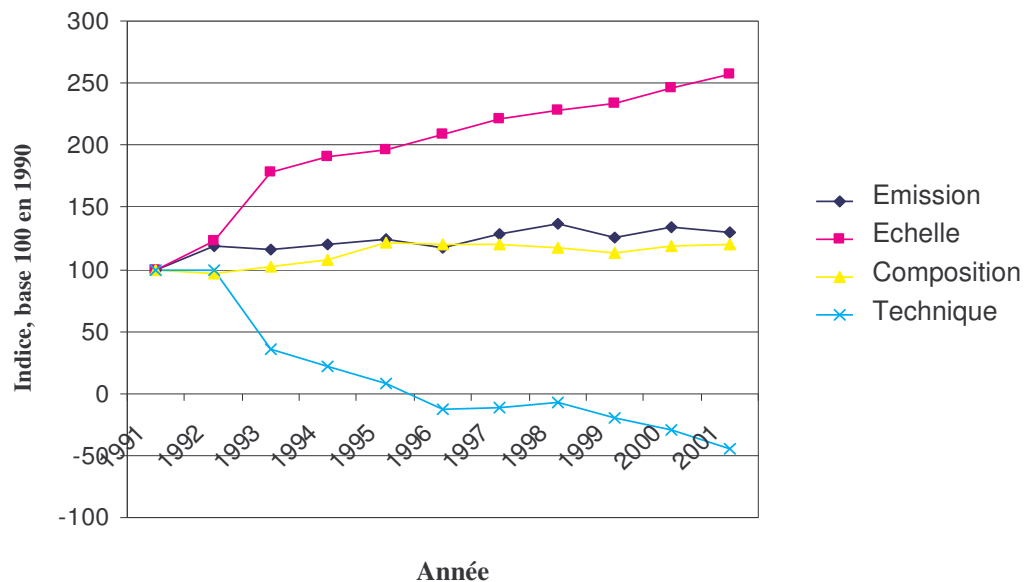
La disparité régionale de la contribution de l'effet de technique évolue presque dans les mêmes proportions que la contribution de l'effet d'échelle. Sauf que dans ce cas, ce facteur qui contribue toujours à une réduction de l'émission. Le Graphique 4.1 indique que ce sont les provinces côtières relativement plus riches qui ont l'effet de technique le plus important. Ce résultat correspond à notre anticipation qui supposait que l'effet de technique augmentait avec le niveau de revenu.

La combinaison de ces trois effets décomposés nous redonne le résultat final de pollution. La variation de l'émission finalement observée est un résultat spécifique à chaque province, dont la formation dépend étroitement des caractéristiques de chaque province dans les domaines de l'échelle de production, de la technologie et de la structure industrielle. Si

nous regardons les six provinces dont la variation annuelle moyenne de la pollution dépasse 4% (Cf. Graphique 4.1), pour les trois provinces côtières Zhejiang, Fujian et Guangdong, leur situation de pollution est due à une forte croissance de l'industrie et à une processus de transformation de la composition relativement plus de pollution, qui sont bien supérieurs à la contribution réductrice de l'effet de technique. Par contre, pour les trois provinces intérieures de Sichuan, Shanxi et Henan, l'augmentation de leur émission due à la combinaison de la transformation de leur composition avec une faible capacité technique.

Le Graphique 4.2 illustre l'évolution annuelle de l'émission industrielle de SO₂ au niveau national et les contributions des trois effets sous la forme d'indices dont la base est l'émission industrielle de SO₂ de l'année 1990. De même que dans la conclusion de Selden et al (1999) et de Bruvoll et Medin (2001), les résultats de notre décomposition montrent que ce sont les effets d'échelle et de composition qui contribuent le plus à la variation de l'émission. Cependant, comme il existe un important effet mutuel d'annulation entre l'effet d'échelle créateur de pollution et l'effet de technique réducteur de pollution, c'est l'effet de composition dont la contribution est relativement moins important et le résultat de cet effet mutuel d'annulation qui déterminent la variation finale de l'émission de SO₂.

Graphique 4.2. Résultats de la décomposition au niveau national (1991-2001)



4.3.4. La CKE revisitée : corrélation entre les effets décomposés d'échelle, de composition et de technique et le PIB par tête

Dans le Graphique 3.1 du Chapitre 3, nous avons illustré comment les trois déterminants structurels de la pollution, au cours du processus de croissance du revenu, pouvaient agir ensemble pour donner à la CKE une forme en U inversé. Avec les résultats décomposés de la contribution des effets d'échelle, de composition et de technique dans l'émission industrielle totale de SO₂, nous allons maintenant pouvoir vérifier si la réalité chinoise correspond à cette tendance générale.

a. Normalisation de l'indice de variation

Dans l'équation (4.19), nous voyons que la méthode de décomposition de l'indice de Divisia raisonne en variation de pourcentage par rapport au niveau d'origine d'émission industrielle de SO₂. Son apport principal est de décomposer les variations en pourcentage de l'émission industrielle de SO₂ ($\ln(SO_{2i,t}/SO_{2i,0})$) en contributions respectives de l'élargissement de l'échelle de production $\ln(\frac{Y_{it}}{Y_{i0}})$, de la transformation de la composition industrielle

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n [(w_{jit} + \alpha(w_{jit} - w_{jit-1})) \times \ln(\frac{S_{jit}}{S_{jit-1}})] \quad \text{et} \quad \text{du} \quad \text{progrès} \quad \text{technique}$$

$$\ln(\frac{e_{it}}{e_{i0}}) + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n [(w_{jit} + \alpha(w_{jit} - w_{jit-1})) \times \ln(\frac{I_{jt}}{I_{jt-1}})] .$$

Cependant, notre analyse économétrique exige que les variations d'émission liées aux effets d'échelle, de composition et de technique soient exprimées en quantité et non plus en pourcentage. Par conséquent, nous devons dans une première étape normaliser les résultats de la décomposition pour les trois effets. Le procédé de normalisation est illustré par les équations (4.20) à (4.22). Dans cette étape, nous utilisons la variation totale de l'émission de SO₂ de chaque année par rapport à l'année d'origine 0 et attribuons cette valeur aux trois effets selon leur contribution.

$$\Delta SO_{2,i,t,\text{échelle}} = \frac{\ln(Y_{i,t}/Y_{i,0})}{\ln(SO_{2,i,t}/SO_{2,i,0})} \times (SO_{2,i,t} - SO_{2,i,0}) \quad (4.20)$$

$$\Delta SO_{2,i,t,\text{composition}} = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n [(w_{jit} + \alpha(w_{jit} - w_{jit-1})) \times \ln(\frac{S_{jit}}{S_{jit-1}})]}{\ln(SO_{2,i,t}/SO_{2,i,0})} \times (SO_{2,i,t} - SO_{2,i,0}) \quad (4.21)$$

$$\Delta SO_{2,i,t,\text{technique}} = \frac{\ln(\frac{e_{it}}{e_{i0}}) + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n [(w_{jit} + \alpha(w_{jit} - w_{jit-1})) \times \ln(\frac{I_{jt}}{I_{jt-1}})]}{\ln(SO_{2,i,t}/SO_{2,i,0})} \times (SO_{2,i,t} - SO_{2,i,0}) \quad (4.22)$$

a. Estimation et discussion

A partir du résultat de la décomposition normalisée de Divisia, nous savons que :

$$\Delta SO_{2i,t} = SO_{2i,t} - SO_{2i,1990} = \Delta SO_{2i,t,\text{échelle}} + \Delta SO_{2i,t,\text{composition}} + \Delta SO_{2i,t,\text{technique}}. \quad (4.23)$$

Par conséquent, nous avons :

$$SO_{2i,t} = SO_{2i,1990} + \Delta SO_{2i,t,\text{échelle}} + \Delta SO_{2i,t,\text{composition}} + \Delta SO_{2i,t,\text{technique}} \quad (4.24)$$

Si nous considérons le niveau d'émission d'origine $SO_{2i,1990}$ comme une constante spécifique à chaque province, l'équation (4.24) révèle alors une méthode d'examen de la relation entre l'émission de SO_2 et le PIB par tête qui régresse séparément les variations d'émission industrielle de SO_2 provoquées par les trois effets sur le PIB par tête pour ensuite les additionner. Si cette relation entre l'émission et le PIBPT suit la forme d'un U inversée, le point de retournement de la CKE pour l'émission de SO_2 est atteint quand :

$$\frac{dSO_{2i,t}}{dPIBPT_{i,t}} = \frac{dSO_{2i,t,\text{échelle}}}{dPIBPT_{i,t}} + \frac{dSO_{2i,t,\text{comp.}}}{dPIBPT_{i,t}} + \frac{dSO_{2i,t,\text{technique}}}{dPIBPT_{i,t}} = 0 \quad (4.25)$$

Par conséquent, notre stratégie économétrique est d'abord d'utiliser le PIB par tête de chaque province comme variable indépendante pour expliquer les variations d'émission industrielle de SO_2 issues des trois effets séparés. Ensuite, nous pouvons calculer les dérivées des trois effets par rapport au PIB par tête et localiser le point de retournement où la somme des trois dérivées est égale à zéro.

Les résultats de l'estimation sont donnés dans le Tableau 4.2. Pour l'estimation des effets d'échelle et de technique, l'inclusion d'un effet spécifique temps et d'une tendance (*Trend*) est utile pour augmenter le pouvoir explicatif sans affecter les coefficients du PIB par tête. La situation pour l'effet de composition est quelque peu différente. L'inclusion de l'effet spécifique temps et de la tendance ne permet pas d'accroître le pouvoir explicatif de la fonction d'estimation. Par contre, cette inclusion « perturbe » le signe et la significativité des coefficients des termes du revenu par tête. Ceci est peut être dû au fait qu'au contraire des effets d'échelle et de technique qui montrent une évolution régulière dans le temps, cela semble ne pas être le cas de l'effet de composition. Par conséquent, nous basons notre discussion pour l'effet de composition sur le modèle dans lequel l'effet spécifique temps et la tendance sont tous deux exclus.

Tableau 4.2. Combinaison de l'impact de la croissance du revenu sur la formation de la CKE (Estimation basée sur la décomposition de Divisia des trois effets)

	Effet d'échelle				Effet de composition				Effet de technique			
	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 1		Modèle 2		Modèle 1		Modèle 2	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF
GDPPC_{jt}(1/1000)	316,344 (4,27)***	521,300 (3,50)***	416,444 (10,71)***	423,092 (9,04)***	-6,607 (1,96)**	-5,989 (1,34)	90,812 (6,34)***	107,567 (7,90)***	-248,380 (3,64)***	-438,174 (3,15)***	-415,254 (10,69)***	-423,607 (9,37)***
GDPPC_{jt}²(1/1000)²	-24,839 (3,05)***	-42,567 (3,14)***	-35,004 (5,96)***	-34,630 (5,87)***			-9,939 (4,55)***	-10,839 (5,62)***	19,680 (2,59)***	36,014 (2,91)***	36,420 (6,20)***	35,921 (6,40)***
GDPPC_{jt}³(1/1000)³	0,662 (2,16)**	1,230 (2,79)***	1,006 (4,05)***	0,981 (4,39)***			0,339 (3,66)***	0,356 (4,51)***	-0,547 (1,90)*	-1,069 (2,69)***	-1,111 (4,47)***	-1,077 (5,08)***
trend	22,282 (2,31)**	-5,891 (0,34)			16,639 (9,15)***	16,433 (6,71)***			-35,531 (4,01)***	-9,297 (0,54)		
y1993	171,291 (4,74)***	163,697 (3,36)***			22,389 (1,83)*	22,397 (1,54)			-190,633 (5,56)***	-183,624 (3,74)***		
y1994	152,484 (4,38)***	139,721 (3,56)***			18,646 (1,59)	18,655 (1,48)			-163,845 (4,95)***	-152,055 (3,71)***		
y1995	112,325 (3,31)***	97,903 (2,94)***			75,167 (6,62)***	75,178 (5,45)***			-169,593 (5,27)***	-156,267 (4,58)***		
y1996	95,347 (2,85)***	79,757 (2,72)***			53,289 (4,77)***	53,296 (5,56)***			-155,992 (4,92)***	-141,582 (4,52)***		
y1997	79,008 (2,36)**	63,130 (2,19)**			32,336 (2,89)***	32,332 (3,65)***			-126,321 (3,98)***	-111,637 (3,68)***		
y1998	81,863 (2,42)**	67,835 (2,11)**			22,233 (1,96)*	22,221 (2,40)**			-46,997 (1,46)	-34,025 (1,21)		
y1999	15,367 (0,44)	9,736 (0,31)			-11,019 (0,94)	-10,982 (1,03)			-3,015 (0,09)	2,166 (0,07)		
y2000	28,639 (0,79)	30,053 (0,77)			1,786 (0,15)	1,886 (0,14)			5,560 (0,16)	4,183 (0,11)		
Constante	-511,370 (3,66)***		-536,411 (5,29)***		-18,530 (1,14)		-120,703 (4,36)***		446,931 (3,53)***		538,015 (5,68)***	
Nb. observations	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290
Nb. de province	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
R²	0,08	0,65	0,06	0,60	0,26	0,44	0,00	0,31	0,12	0,67	0,07	0,59
Breusch-Pagan	945,20 (0,000)		795,39 (0,000)		440,57 (0,000)		258,48 (0,000)		897,11 (0,000)		624,25 (0,000)	
Hausman	16,64 (0,1637)		0,00 (1,000)		0,04 (1,000)		0,00 (1,000)		13,85 (0,3103)		0,00 (1,0000)	

Les valeurs absolues des t de student sont entre parenthèses, ° significatif à 15%, * significatif à 10%, ** significatif à 5%, *** significatif à 1%.

Tableau 4.3. Combinaison de l'impact de la croissance du revenu sur la formation de la CKE : distinction entre les 3 villes et les 26 provinces*(Estimation basée sur la décomposition de Divisia des trois effets)*

	Effet d'échelle		Effet de composition		Effet de technique	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF
GDPPC_{jt} (1/1000)	142,120 (7,52)***	147,547 (4,75)***	144,819 (4,40)***	171,470 (4,96)***	-128,401 (7,27)***	-131,883 (4,39)***
GDPPC_{jt}² (1/1000)²			-25,084 (3,09)***	-28,129 (3,45)***		
GDPPC_{jt}³ (1/1000)³			1,600 (2,67)***	1,707 (3,01)***		
GDPPC_{jt}×city (1/1000)	-130,698 (7,99)***	-136,497 (5,66)***	-95,236 (3,51)***	-194,303 (4,16)***	150,139 (4,58)***	192,971 (6,34)***
GDPPC_{jt}²×city (1/1000)²			19,940 (2,67)***	30,441 (3,43)***	-1,982 (1,18)	-3,782 (3,37)***
GDPPC_{jt}³×city (1/1000)³			-1,419 (2,46)**	-1,767 (3,06)***		
trend	29,723 (4,46)***	28,384 (3,45)***			-36,962 (5,94)***	-36,500 (4,27)***
y1993	185,390 (5,44)***	185,413 (3,61)***			-202,339 (6,32)***	-203,114 (4,12)***
y1994	176,785 (5,41)***	176,840 (4,07)***			-184,105 (5,99)***	-185,628 (4,35)***
y1995	142,777 (4,51)***	142,948 (3,84)***			-195,287 (6,55)***	-197,481 (5,50)***
y1996	129,106 (4,14)***	129,336 (3,98)***			-184,425 (6,28)***	-186,856 (5,80)***
y1997	112,154 (3,60)***	112,385 (3,66)***			-153,925 (5,25)***	-156,121 (5,18)***
y1998	110,921 (3,50)***	111,182 (3,35)***			-70,971 (2,38)**	-72,631 (2,66)***
y1999	36,745 (1,12)	37,103 (1,22)			-21,662 (0,70)	-23,343 (0,81)
y2000	46,086 (1,35)	46,585 (1,30)			-10,832 (0,34)	-12,499 (0,35)
Constante	-200,519 (2,52)**		-162,497 (3,92)***		216,423 (2,99)***	
Nb. Observations	290	290	290	290	290	290
Nombre de province	29	29	29	29	29	29
R-squared	0,007	0,67	0,06	0,34	0,32	0,70
Breusch-Pagan		979,17 (0,000)		226,82 (0,000)		926,20 (0,000)
Hausman	0,80 (1,000)		1,31 (0,9711)		2,18 (0,999)	

Les valeurs absolues des t de student sont entre parenthèses * significatif à 10%, ** significatif à 5%, *** significatif à 1%.

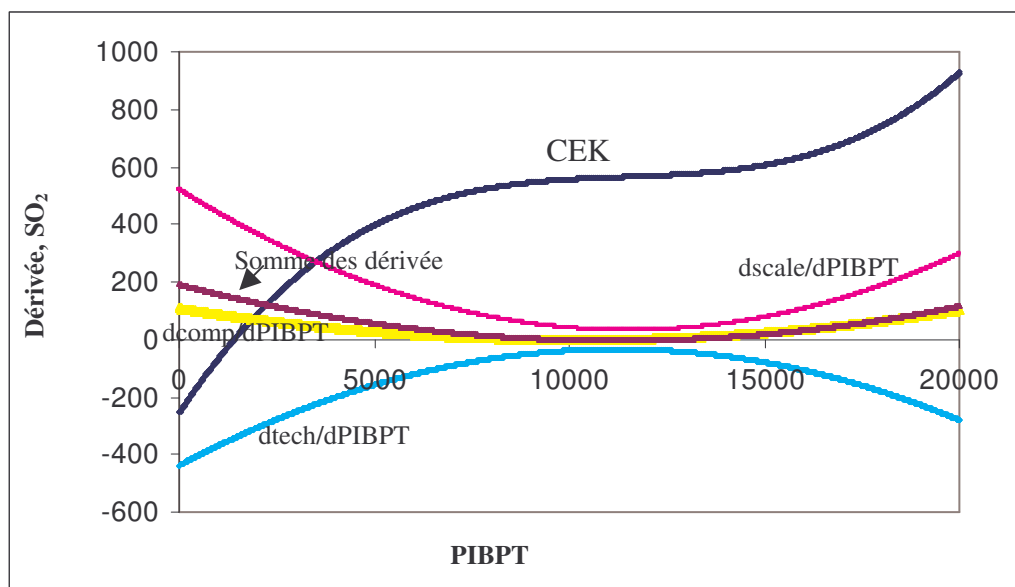
En suivant l'idée du mécanisme de formation de la CKE dépeint dans le Graphique 3.1, nous illustrons dans le Graphique 4.3 le mécanisme de formation de la CKE pour la Chine. Dans ce graphique, les courbes des trois effets représentent leur dérivée par rapport au PIBPT (basées sur les relations estimées dans le Tableau 4.2). La courbe notée *somme des dérivées*

donne la somme des trois dérivées, elle indique donc le point de retournement potentiel de la CKE par son intersection avec l'axe PIBPT. Dans le Graphique 4.3, il nous semble que cette courbe, qui présente toujours une valeur positive, touche l'axe PIBPT autour de 10000 yuans. Ceci détermine une relation entre l'émission de SO_2 et le PIBPT qui est toujours positive, sauf l'exception autour de 10000 yuans, où la tendance d'augmentation de l'émission par rapport au revenu montre une halte transitoire avant d'être reprise.

Cependant, les relations des dérivées des trois effets avec le revenu par tête semblent être plus complexes et quelque fois contradictoires par rapport à celles qui sont présumées dans le Graphique 3.1. D'abord, nous constatons que les trois dérivées voient leur évolution changer de direction quand le revenu atteint 10000 yuans, cependant notre hypothèse originale attend plutôt une relation constante et positive entre la dérivée de l'effet d'échelle par rapport au revenu par tête, et une tendance décroissante entre la dérivée de l'effet de technique et le revenu. De plus, l'évolution de la dérivée de l'effet de composition, au lieu de suivre une courbe en U inversé supposée par notre hypothèse, apparaît plutôt une tendance en forte de U avec un point de retournement se situant aussi autour de 10000 yuans.

Graphique 4.3. Déterminants structurels de la formation de la CKE en Chine

(Basés sur les résultats estimés du Tableau 4.2. Modèle 1 pour les effets d'échelle et de technique, modèle 2 pour l'effet de composition)



Comme 10000 yuan correspond exactement au niveau de revenu le plus élevé atteint par les 26 provinces, ceci nous rappelle la différence potentielle des rôles des trois effets dans la détermination de l'émission de SO_2 entre les 3 villes et les 26 provinces que nous avons déjà observé dans les Chapitres 2 et 3. Par conséquent, nous distinguons les coefficients des termes du revenu entre les provinces et les villes en régressant une estimation «spline» pour chaque

effet décomposé. Les résultats sont rapportés dans le Tableau 4.3 et les illustrations graphiques sont données dans le Graphique 4.4.

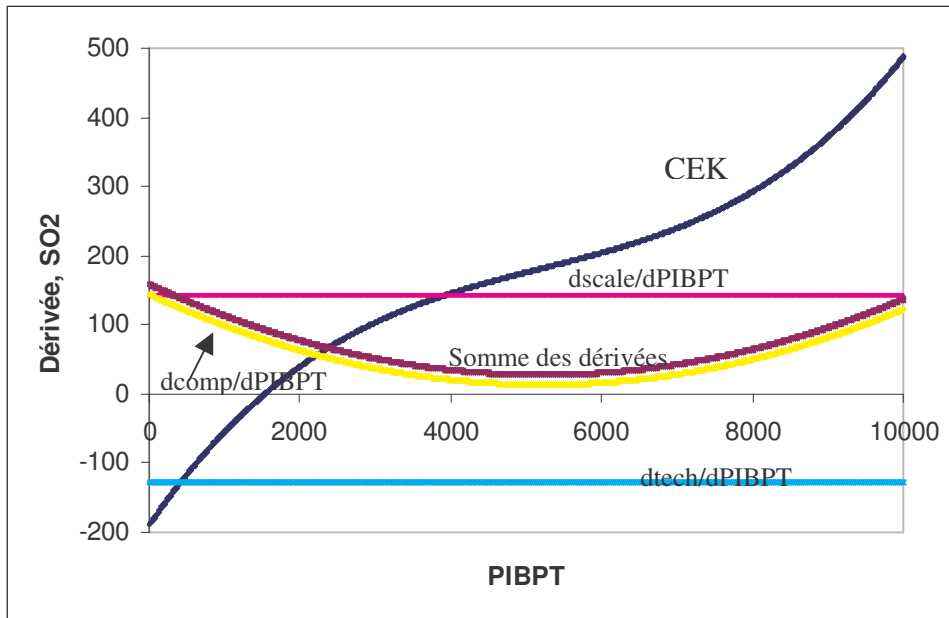
Distinguer le mécanisme de formation de la CKE des 26 provinces de celle des 3 villes améliore significativement la correspondance entre les résultats obtenus dans ce chapitre et le mécanisme général dépeint dans le Graphique 3.1. De plus, cet effort révèle aussi les mécanismes de formation de la CKE qui sont très différents pour ces deux groupes. Pour les 26 provinces, la contribution de l'augmentation du revenu sur la dérivée de l'effet technique est quasiment nulle. Ainsi, cette force qui vise à réduire la pollution, en gardant une vitesse d'augmentation constante par rapport au revenu par tête dans processus de croissance économique, ne peut annuler qu'une partie de l'augmentation de la pollution due à l'expansion de l'échelle de production et laisse le résultat final de l'émission varier selon l'effet de composition. Dans ce cas, comme la plupart des industries de ces provinces sont en pleine expansion—la dérivée de l'effet de composition reste toujours positif et que la plupart des provinces se situent sur la partie croissante de la courbe de la dérivée de l'effet de composition—nous constatons donc une CKE croissante, l'augmentation de l'émission était principalement due à une forte industrialisation combinée avec un faible effet de technique. Pour les 3 villes, la situation des dérivées des trois effets montre une meilleure cohérence avec les hypothèses que nous avons présentées dans le Graphique 3.1. Avec une dérivée de l'effet d'échelle constante, une dérivée de l'effet de composition en forme de U inversé et un effet technique qui se renforce au cours de la croissance économique, la somme des dérivées semble nous indiquer un découplage entre l'émission et la croissance pour ces trois villes quand le revenu atteint le niveau de 10000 yuans.

Quand nous comparons les CKE obtenues dans ce chapitre par la combinaison des estimations indépendantes des trois effets décomposés sur le PIBPT avec celles que nous trouvons dans le Chapitre 2 par une fonction d'estimation de forme-réduite, nous trouvons une bonne cohérence au niveau de la forme de CKE pour le cas de l'échantillon complet et le cas des 26 provinces, où une relation croissante a été confirmée. Nous pouvons ainsi considérer ceci comme un indicateur de l'efficacité de la méthode de décomposition de Divisia. Cependant, les conclusions sur la relation émission/revenu pour les 3 villes n'expriment pas la même cohérence entre les deux méthodes. Bien que nous pensions dans le Chapitre 2 que cette relation suive une tendance croissante (Cf. Tableau 2.4), une analyse basée sur les trois effets décomposés semble montrer que cette relation est d'une forme en U inversée, confirmant ainsi l'hypothèse de la CKE. En se rappelant la discussion que nous avons déjà eu sur l'inefficacité de l'estimation de la CKE dans forme réduite, nous préférons

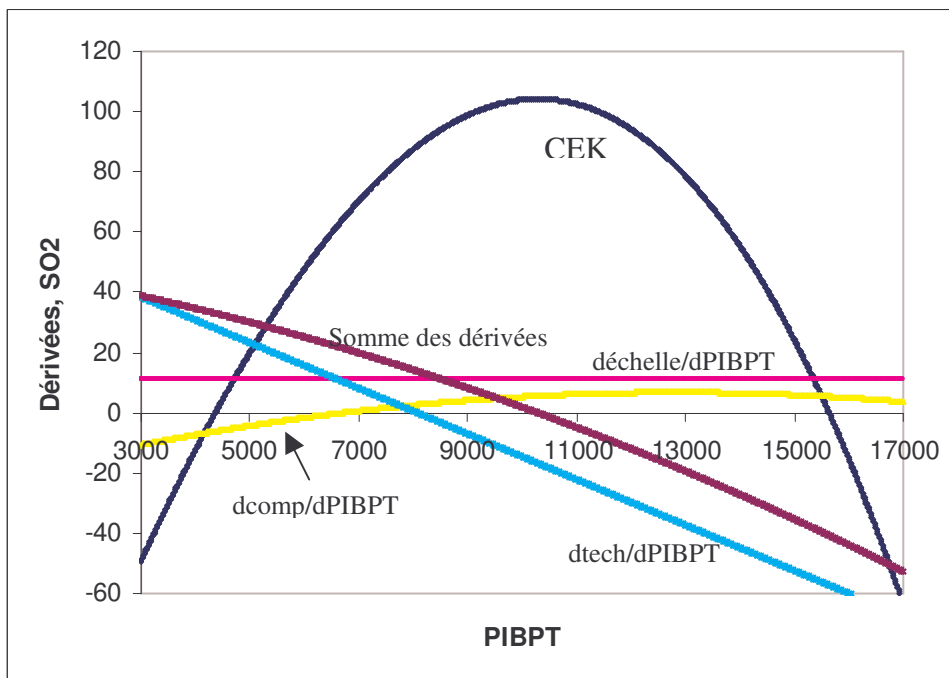
expliquer cette différence des résultats par l'amélioration de l'efficacité d'estimation grâce à une méthode de décomposition qui fait apparaître les trois effets individuellement.

Graphique 4.4. Déterminants structurels de la formation de la CKE en Chine

(Basé sur les résultats d'estimation du Tableau 4.3)



Panel a. 26 provinces



Panel b. 3 villes

4.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté et ajusté la méthode traditionnelle de décomposition de l'indice de Divisia aux données chinoises. En fondant notre analyse sur le détail des 13 principaux secteurs industriels de chaque province, cette méthode permet de montrer une contribution plus concrète de l'élargissement de l'échelle industrielle, de la transformation de sa composition et du progrès technique dans les évolutions de l'émission industrielle de SO₂ pour chaque province entre 1991 et 2001.

Cette décomposition nous montre d'abord que l'augmentation de l'émission dans la plupart de provinces chinoises est principalement due à l'expansion rapide de l'échelle de production industrielle et à son processus d'industrialisation. Seules les provinces se situant dans les régions côtières arrivent à bénéficier des avantages de leur position géographique et de la politique d'ouverture pour réduire l'impact des changements structurels sur les résultats de l'émission.

Accompagnant l'agrandissement de l'échelle de production, la croissance économique de chaque province catalyse également l'effet de technique qui contribue à la diminution de l'émission. Comme prévu, ce sont les provinces côtières qui connaissent l'effet de technique le plus important grâce à un niveau de revenu relativement plus élevé.

Cohérents avec la majeure partie des études précédentes sur la décomposition de l'émission, nos résultats montrent que les effets d'échelle et de technique sont les deux contributeurs les plus importants de la variation de l'émission, mais dans des directions opposées. Ceci conduit donc les changements finals de l'émission de SO₂ à être déterminés par la combinaison de l'effet de composition avec l'annulation mutuel des effets d'échelle et de technique. Cependant, quand l'analyse est faite au niveau de chaque province, la variation de l'émission dans le temps donne un résultat particulier, déterminé par la combinaison de ses trois déterminants spécifiques.

Les résultats de la décomposition de Divisia nous permettent également de tester la façon dont les trois déterminants structurels de la CKE évoluent avec la croissance du revenu et comment leurs évolutions peuvent finalement déterminer le découplage entre la pollution et le processus de croissance économique. La bonne correspondance entre les résultats trouvés dans le cas de la Chine et les hypothèses que nous avons proposées sur la relation entre les trois effets et PIBPT indique l'efficacité de la méthode de décomposition de Divisia et confirme le remarque de Panayotou (2003) : «la croissance économique est utilisée comme

une variable de portée générale qui représente une variété d'influences sous-jacentes, dont les effets séparés sont obscurs ».

Les résultats de la décomposition confirment également la conclusion de l'estimation des modèles de forme réduite sur la tendance généralement croissante de l'émission industrielle totale de SO₂ pour l'échantillon complet et pour les 26 provinces, mais révèlent une relation émission/PIBPT en U inversé pour les trois grandes villes. Pour les 26 provinces, cette tendance à l'augmentation de l'émission dans le processus de croissance économique est due au fait que la contribution relativement modeste de l'effet de technique dans la diminution de la pollution ne peut pas empêcher la forte augmentation de l'émission induite par l'élargissement de l'échelle de production et le processus de transformation de la composition industrielle. Cependant, pour les trois villes, le contraste des forces entre les trois effets montre un avantage de plus en plus évident de l'effet de technique par rapport aux deux autres effets au fur et à mesure que le revenu par tête s'accroît.

PARTIE 2. IMPACT DU COMMERCE INTERNATIONAL SUR L'ÉMISSION INDUSTRIELLE DE SO₂ EN CHINE

La décomposition de Divisia effectuée dans le dernier chapitre a mis en lumière la nécessité d'inclure la caractéristique de l'ouverture commerciale d'une province dans l'analyse de la détermination de l'émission industrielle de SO₂. La remarquable croissance économique de ces dix dernières années a aussi été marquée par une augmentation significative du degré d'ouverture au commerce et par de nombreux investissements directs étrangers. L'accession de la Chine à l'OMC en 2002 est donc une étape logique de tous ces changements et préfigure une ouverture encore plus profonde. Considérant ces aspects, nous croyons qu'il est très important de comprendre le rapport potentiel entre l'émission de SO₂ et le commerce international.

Chapitre 5. Impact sur l'environnement du commerce international à travers l'effet de composition : le rôle des régulations sur le capital, le travail et l'environnement

Si la libéralisation commerciale permet à des producteurs à la poursuite de profits de sortir des frontières du marché d'un pays et de repousser encore plus loin les limites de leur spécialisation pour profiter des différences relatives des coûts de production entre les pays, quel en sera l'impact sur la qualité environnementale des pays ? De la même façon que la libéralisation commerciale conduit à un processus de division de la production, le commerce international facilitera-t-il également une nouvelle division internationale de la pollution ? Les pays en voie de développement qui bénéficient des avantages de la croissance du revenu issus de la libéralisation commerciale devront-ils aussi faire face à une plus grande pollution ? Etant donné que les impacts profonds et complexes du commerce international sur l'environnement agissent à travers différents canaux, ces questions n'ont évidemment aucune réponse simple.

5.1. Revue de la littérature sur la relation entre le commerce et l'environnement : une conclusion mitigée

Dans la partie 1, le commerce a été utilisé comme une explication pessimiste de la formation de la CKE. Cette explication est basée sur l'hypothèse célèbre du « havre de pollution » (Pethig, 1976 ; Chichilnisky, 1994 ; Copeland et Taylor, 1994). Selon cette hypothèse, en période de libéralisation commerciale, les pays développés perdent de leur compétitivité dans les secteurs polluants à cause des restrictions environnementales plus souples des pays en voie de développement qui peuvent ainsi gagner des parts de marché. Par conséquent, un règlement environnemental relativement peu contraignant peut être considéré comme un « avantage comparatif », ce qui laisse à penser que les économies des pays en voie de développement vont graduellement se spécialiser dans les industries les plus polluantes et finalement se transformer en « havre de pollution ».

Les hypothèses de « racing to the bottom » (Revesz, 1992) ou de « stuck in the mud » (Zasky, 1997) sont ici deux extensions dynamiques de l'hypothèse du « havre de pollution ». L'hypothèse de « racing to the bottom » devrait conduire les pays en voie de développement voulant avoir la possibilité d'augmenter leur compétitivité, à édicter des règlements de moins en moins restrictifs sur la protection de l'environnement. Tandis que pour les pays développés, les pressions dues à la perte de compétitivité dans certaines industries stratégiques et les problèmes de chômage structurel les invitent à leur tour à abaisser la sévérité de leurs réglementations environnementales. Par conséquent, Revesz (1992) suggère que la libéralisation commerciale conduit des pays ayant des normes environnementales différentes à converger vers le règlement environnemental le plus bas. L'hypothèse de « stuck in the mud » est moins pessimiste. Au lieu de permettre à la norme environnementale de se relâcher, Zasky (1997) suggère seulement une possible stagnation des progrès en matière de réglementation environnementale. D'un côté, les contraintes induites sur la compétitivité par la globalisation retardent les capacités et la volonté des Etats à prendre des mesures unilatérales de protection (de l'environnement) car elles imposent des coûts additionnels aux producteurs domestiques. D'autre part, de fortes pressions sur la convergence des politiques de protection de l'environnement entre pays signifient que les actions visant à améliorer les normes environnementales ne peuvent se faire qu'en suivant les mesures des principaux compétiteurs. Par conséquent, avec le raisonnement de Zasky (1997), le résultat net pour la réglementation environnementale est que, premièrement, le marché devient le premier conducteur des changements environnementaux et que deuxièmement, les responsables environnementaux sont contraints de maintenir le statu quo ou de ne le changer que très progressivement.

Alors que la réalisation de toutes ces hypothèses est intuitivement plausible, leurs sombres perspectives n'ont cependant eu qu'un faible écho dans les études empiriques. Seul un petit nombre d'études apportent des éléments de soutien à l'hypothèse du « havre de pollution ».¹ Les autres études ont quant à elles toutes échoué. Ceci inclut la plupart des études analysant les décisions d'implantation de sociétés américaines face à des différences de réglementations environnementales entre des pays ou des régions (Bartik, 1985, 1988, 1989 ; Leonard, 1988 ; Friedman et al, 1992 ; Levison, 1992 ; Wheeler et Mody, 1992, etc.), et beaucoup de papiers se concentrant sur la relation potentielle entre le commerce international, la réglementation de l'environnement et la qualité de l'environnement. De son côté, Kalt (1998) analyse la corrélation potentielle entre les changements dans les exportations à travers

¹ Robinson (1988), Low et Yeat (1992), Hettige et al. (1992), Birdsall et Wheeler (1997), Suri et Chapman (1998), Xing et Kolstad (2002), Friedl et Getzner (2003) et Cole (2004).

78 catégories d'industries entre 1967 et 1977 et les changements dans les coûts de conformité à la réglementation sur l'environnement au cours de la même période. Il trouve une relation inverse statistiquement non significative. Ayant pour but de trouver la contribution de la politique de contrôle de la qualité de l'environnement dans les exportations nettes des 5 produits les plus polluants de 23 pays de l'OCDE, Tobey (1990) obtient lui aussi des résultats non satisfaisants. De même, aucune des études de Jaffe et al (1995), de Janicke et al (1997) et de Van Beers et Van den Bergh (1997) n'arrivent à démontrer que la dureté des règlements environnementaux d'un pays influence ses échanges de produits « sales ». Dans le même esprit, 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. 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 (1997) analysent quatre pays en voie de développement ouvert 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. Finalement, 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”.

Certaines études ont même montré des histoires contraires. La conclusion de Sharfik et Bandyopadhyay (1992) suppose ainsi que « plus le régime commercial d'un pays est ouvert, plus son processus de production est propre ». De leur côté, Grossman et Krueger (1991) supposaient à l'origine que les pays baissaient leur réglementation sur l'environnement pour rester compétitifs, alors que leurs résultats ont en fait prouvé le contraire dans le cas du SO₂. De même, Wheeler (2002) découvre une corrélation négative entre les séries temporelles des indicateurs de pollution dans les zones urbaines de Chine, du Brésil et du Mexique et leur degré d'ouverture.

Indépendamment des problèmes de mesure et de définition qui existent dans le domaine de la sévérité des règlements sur l'environnement et des flux commerciaux, la plupart des

auteurs expliquent l'ambiguïté de la relation entre le commerce et l'environnement par la complexité même de cette relation.

Tout d'abord, Copeland et Taylor (1994, 1997) et Antweiler et al (2001) nous rappellent que l'avantage comparatif d'un pays est déterminé par deux aspects des caractéristiques d'une économie. Le premier est la dotation naturelle en facteurs du pays et le second la dureté de sa réglementation sur l'environnement. Bien que le revenu relativement bas d'un pays en voie de développement l'empêche d'adopter une réglementation sur l'environnement aussi stricte que celle de ses partenaires commerciaux développés, la possibilité pour celui-ci de se transformer en un « havre de pollution » 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 son avantage d'être un « havre de pollution » lui permet d'avoir une marge bénéficiaire suffisamment importante pour contrebalancer le coût de son désavantage en capital vis à vis de ses partenaires développés. Cependant, comparé au coût des facteurs classiques de production tels que le capital et le travail, le coût d'une réglementation de l'environnement peut ne pas être un facteur de coût critique pour la plupart des entreprises privées. Les diverses études basées sur les données de firmes dans les pays développés trouvent que le déclin total de la productivité des facteurs provoqué par des règlements environnementaux stricts reste souvent modeste (Denison, 1979 ; Gray, 1987 ; Haveman et Christiansen, 1981 ; etc.). Ceci suggère que la différence de coûts pour la lutte contre la pollution entre les pays peut ne pas être une cause déterminante de la spécialisation globale de la production, c'est pourquoi Jaffe et al (1995) croient que la « part du lion » de la production de produits polluants se trouve toujours dans les pays développés et que l'augmentation de la production polluante des pays en voie de développement pourrait seulement être due à la croissance de leur propre demande.

En second lieu, l'hypothèse d'origine du « havre de pollution » suit un raisonnement en statique, analogue à celui de l'avantage comparatif. Cependant, nous devons également faire attention aux caractéristiques dynamiques de la relation entre le commerce et l'environnement. L'hypothèse de Porter explique actuellement une des dynamiques du côté de l'offre contribuant à atténuer les avantages du « havre de pollution » dans les pays en voie de développement. Selon cette hypothèse, un règlement environnemental rigoureux peut encourager l'innovation et rendre le procédé de production plus favorable à l'environnement (Porter et Linde, 1995 ; Xepapadeas et Zeeuw, 1999). Ce progrès technique dynamique peut ainsi entraîner un « coût négatif » (économie d'énergies, utilisation moindre d'inputs, etc.)

permettant de renforcer la productivité (Jaffe et al, 1995). En suivant ce raisonnement, une spécialisation de la production causée par un différentiel réglementaire en matière d'environnement perd par conséquent tout son sens à long terme.

Troisièmement, la dynamique annulant les avantages du « havre de pollution » pour les pays en voie de développement peut également provenir du côté de la demande. En période de globalisation, une entreprise doit non seulement réduire au minimum le coût de sa production, mais également être performante en matière d'environnement, puisque de plus en plus de consommateurs incluent l'image environnementale du producteur dans leur décision d'achat. Par conséquent, même si une entreprise décide de délocaliser sa production dans un pays en voie de développement, il se peut qu'elle continue à respecter la réglementation de son pays d'origine dans ce domaine. Par ailleurs, un faible niveau d'émission peut servir de signal aux investisseurs en montrant que les techniques de production employées sont efficaces, ce qui renforce la sensation de sérieux de l'entreprise (Dasgupta, Laplante et Mamingi, 1997). Par conséquent, être performant en matière d'environnement peut probablement constituer pour les entreprises des industries polluantes une condition nécessaire à leur survie dans un marché extrêmement concurrentiel.

Quatrièmement, l'insignifiance de l'hypothèse du « havre de pollution » peut également être expliquée par une causalité potentiellement renversée entre le commerce et les phénomènes de pollution. L'hypothèse de « racing to the bottom » peut, en effet, du point de vue des pays développés, indiquer une telle possibilité. Selon cette hypothèse, la libéralisation commerciale peut créer des pressions sur les gouvernements des pays développés et les inviter à abaisser leurs normes environnementales (Revesz, 1992) ; Ce qui conduit à une réduction des différences de coûts de mise en conformité des normes environnementale entre pays développés et en voie de développement par un abaissement des niveaux les plus hauts.¹ Cette causalité renversée peut également exister dans les pays en voie de développement. Si certains exportateurs de ces pays, ayant pour but de résister à la concurrence internationale, améliorent volontairement leur efficacité environnementale, ceci pourra renforcer la concurrence sur le marché intérieur et inviter les autres sociétés du secteur à augmenter l'efficacité de leur production et à réduire leur pollution. En fin de compte, on peut s'attendre à un renforcement de l'efficacité environnementale dans l'économie toute entière, ce qui réduirait aussi les

¹ Comme une extension à cette hypothèse, Levinson et Taylor (2003) et Ederington et Minier (2003) discutent du biais potentiel d'estimation dans les études empiriques qui se focalisent sur la relation unidirectionnelle entre la rigidité des règlements environnementaux et les importations nettes dans les pays développés. Les deux papiers trouvent que la réglementation aux Etats-Unis, après avoir contrôlé pour son endogénéité avec le commerce international, affecte les tendances de l'échange.

différences de coûts de mise en conformité des normes environnementales entre pays riches et pauvres, mais cette fois-ci par l'élévation des niveaux les plus bas.

Cinquièmement, plusieurs études basées sur les expériences historiques des pays en voie de développement indiquent qu'à mesure que le revenu augmente avec l'approfondissement de la libéralisation commerciale, la réglementation environnementale peut également être améliorée. Par conséquent, comme le concluent Mani et Wheeler (1997), le « havre de pollution » devrait seulement être un phénomène passager, ce qui fait que les différences dans la rigidité des réglementations sur l'environnement entre pays développés et en voie de développement devraient avoir tendance à converger en période de libéralisation commerciale.

Finalement, la formation d'une spécialisation globale de la production dépend aussi de nombreux autres facteurs. Ces facteurs incluent la dépendance de nombreuses industries polluantes à l'égard des marchés intérieurs (Cole, 2004), l'importance de la localisation géographique dans les échanges internationaux de marchandises et de services (Smarzynska et Wei, 2001; Fredriksson et autres 2003), l'effet de masque sur l'hypothèse de « havre de pollution » provoqué par les avantages fiscaux et les subventions aux infrastructures offerts par les gouvernements locaux aux entreprises soumises à un contrôle environnemental strict (Keller et Levinson, 1999), la différence d'impact d'une réglementation renforcée sur des entreprises déjà existantes par rapport aux nouvelles (coûts fixes ou variables et amortissements) (Keller et Levinson, 1999 et List et Co, 2000), et finalement les autres facteurs institutionnels, techniques ou politiques qui ont aussi de l'influence sur l'efficacité de la production, tels que la corruption, le niveau d'infrastructure, les législations défailantes, etc. (Smarzynska et Wei, 2001). Par conséquent, le coût de mise en conformité de la réglementation environnementale n'est qu'un facteur parmi beaucoup d'autres ayant la capacité d'affecter la formation de la division globale de la production. Ainsi, si on n'utilise pas la méthode analytique appropriée, il sera difficile d'obtenir une compréhension complète du lien entre commerce et environnement.

5.2. Principaux problèmes des analyses faites sur le lien entre commerce et environnement dans les pays en voie de développement

Comme la plupart des auteurs ont indiqué que l'impact du commerce international sur l'environnement passe à travers différents canaux et dépend de certaines caractéristiques techniques, structurelles et institutionnelles de l'économie, nous croyons qu'il est utile et

même nécessaire – comme dans l'analyse de la CKE – d'effectuer une analyse spécifique par pays ; Ce qui jusqu'à maintenant n'a jamais été fait pour un pays en voie de développement.

Etant donné les contraintes en disponibilité de données, la plupart des études connues qui font le lien entre le commerce et l'environnement sont basées soit sur les données commerciales en « miroir » des Etats Unis soit sur celles des pays de l'OCDE (Eskeland et Harrison, 1997 ; Keller et Levinson, 1999 et Cole, 2004a, 2004b, etc.). Le principal problème des analyses avec données en « miroir » est celui de la crédibilité de la « réflexion en miroir » : une augmentation des importations nettes de produits intensifs en pollution dans certains pays développés signifie-t-elle absolument que leur charge environnementale a été déplacée vers le monde en voie de développement ? Dans son papier où il examine la possibilité du déplacement de la charge environnementale à l'intérieur de l'ALENA, Cole (2004b) indique que, bien qu'il ait trouvé une preuve claire du déplacement de cette charge pour les Etats Unis entre 1974 et 2001, et que dans le même temps les importations américaines en provenance du Mexique se soient développées plus rapidement que la consommation domestique, aucune preuve ne suggère que l'ALENA puisse favoriser de tels déplacements vers le Mexique. En effet, la pollution incorporée dans les exportations des USA vers le Mexique depuis la fin des années 1980 a été plus grande que celle qui est incorporée dans les importations en provenance du Mexique, malgré le fait que le volume d'exportations réel a été moindre que le volume d'importations.

Il existe également quelques études basant leur analyse sur des données en panel de plusieurs pays. La plupart d'entre elles ne comptent qu'un petit nombre de pays en voie de développement et se concentrent uniquement sur la relation entre les volumes d'échanges des « industries les plus polluantes » et la sévérité des règles environnementales qui leur correspondent (c.f. Cole, 2004a, etc.). Cependant, étant donnée la différence potentielle de niveau technique, le même bien peut être produit par différentes techniques dans différents pays. De plus, l'efficacité de la correspondance dans cette extrapolation dépend de façon étroite du degré d'agrégation de la classification des industries. Généralement, on pense que cette efficacité diminue quand le degré d'agrégation devient plus petit. Par conséquent, classer les industries dans un pays selon leurs performances environnementales dans un autre pays réduit considérablement la crédibilité de ces études, en particulier quand la plupart de ces études utilisent des pays développés comme pays de référence (trop grande différence technique avec les pays en voie de développement).

La Chine est réellement un cas idéal pour analyser la relation spécifique d'un pays entre le commerce et l'environnement. D'une part, la politique d'ouverture de la Chine depuis 1978

a conduit à une rapide intégration de son économie au marché mondial. D'autre part, la situation de l'environnement s'est fortement détériorée au cours de cette même période. En outre, l'évolution du commerce international et de l'émission industrielle de SO₂ ont également été marquées par d'importantes disparités régionales (Cf. Graphiques 1.2 et 2.8), ce qui devrait garantir un certain nombre de résultats de qualité.

5.3. Evolution de la spécialisation dans certains secteurs industriels chinois

Dans cette section, nous utilisons deux mesures de la spécialisation largement utilisées dans la littérature pour donner une description simple de la situation de la spécialisation dans les secteurs industriels chinois. Le premier est l'exportation nette, exprimée en pourcentage de la valeur ajoutée de chaque industrie. Ainsi, pour une industrie j au cours de la période t , son indicateur d'exportation nette peut être calculé par $NETX_{jt}=(X_{jt}-M_{jt})/VA_{jt}$, où X et M représentent les exportations et les importations et VA la valeur ajoutée. Une augmentation de $NETX_{jt}$ pour une industrie spécifique indique que les exportations croissent relativement plus vite que les importations, et signifie une spécialisation accrue dans cette industrie. La seconde mesure de la spécialisation est l'indice de Michaely (Michaely, 1962), qui est définie par

$$y_{jt} = \frac{X_{jt}}{\sum_j X_{jt}} - \frac{M_{jt}}{\sum_j M_{jt}}. \text{ Cet indice est compris entre } +1 \text{ et } -1, \text{ une valeur positive (négative)}$$

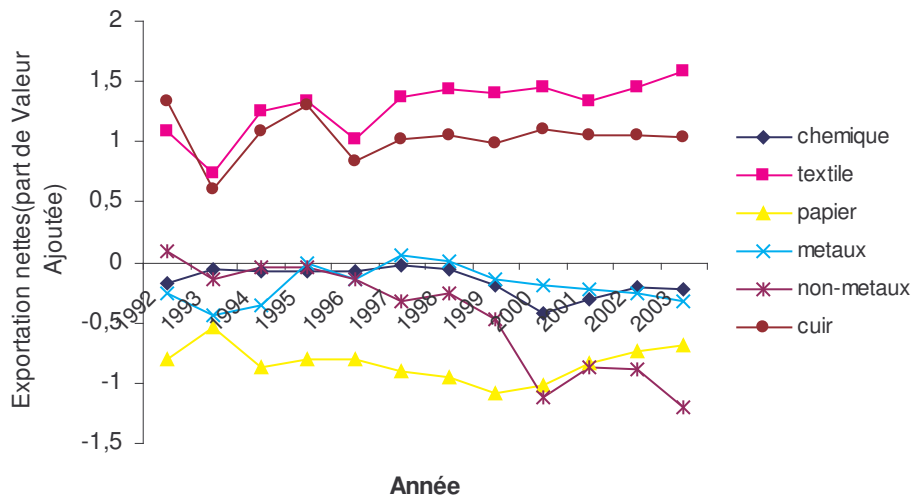
signifie que la Chine est spécialisée (sous spécialisée) dans cette industrie.

Les deux panels du Graphique 5.1 récapitulent l'évolution de ces deux indicateurs de spécialisation dans les quatre industries les plus polluantes selon la classification de Dasgupta et al (1997) : produits chimiques, fabrication du papier, produits métalliques et produit minéraux non-métalliques, et dans deux industries légères : textile et produits en cuir. L'observation principale de ce graphique semble offrir un élément de preuve allant à l'encontre de l'hypothèse du « havre de pollution ». En ce qui concerne les quatre industries les plus polluantes, l'indicateur de Michaely montre généralement une sous-spécialisation et pour l'indicateur d'exportation nette, les quatre industries montrent même une tendance à décroître. Ces résultats impliquent donc une réduction apparente du degré de spécialisation de la Chine dans ces industries polluantes au cours des dix dernières années. A l'opposé, pour les deux industries légères, nous observons des indicateurs de spécialisation positifs. En outre, les indicateurs de Michaely d'exportation nette indiquent que la Chine suit actuellement un processus de spécialisation vers ces industries légères bien moins polluantes.

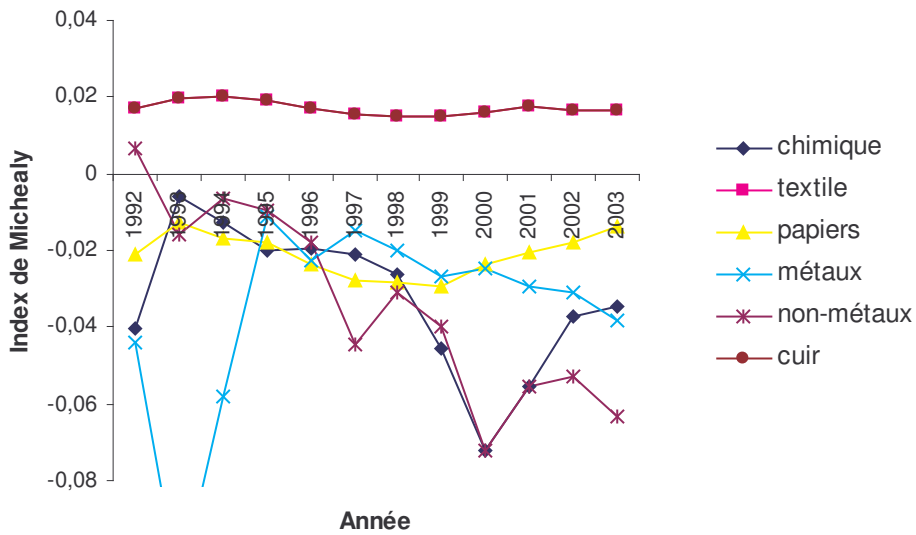
Graphique 5.1. Evolution du degré de spécialisation de certaines industries

(Source de données: China Industrial Economics Statistic Yearbook, China Statistic Yearbook)

a. Evolution de l'indicateur d'exportation nette dans les secteurs sélectionnés



b. Evolution de l'index de Michealy Index dans les secteurs sélectionnés



5.4. Modèles d'analyse structurelle : détermination de l'impact du commerce international sur l'environnement à travers l'effet de composition

5.4.1. Illustration graphique du modèle structurel de Antweiler, Copeland et Taylor (2001) et de Copeland et Taylor (2003)

Le modèle d'équilibre général d'Antweiler, Copeland et Taylor (2001) est aujourd'hui considéré comme un des efforts de recherche théoriques les plus complets sur la relation entre le commerce et l'environnement. Selon ce modèle, l'influence du commerce sur la pollution dépend pour un pays de son avantage comparatif. Cet avantage est déterminé de façon collective par la dotation standard en facteurs du pays, mesurée par le ratio du capital sur le travail et par la sévérité de ses normes environnementales, ce dernier indicateur institutionnel étant en grande partie influencé par le niveau de revenu par habitant. Ce modèle est développé par la suite par Copeland et Taylor (2003).

a. Hypothèses générales

Dans le modèle proposé par Copeland et Taylor (2003), le monde se divise en deux régions – le Nord et le Sud – qui ensemble déterminent les prix mondiaux. Chaque région est composée de nombreux pays identiques, ce qui veut principalement dire qu'ils ont les mêmes préférences et les mêmes technologies. Les deux régions produisent les biens x et y . En choisissant y comme numéraire ($p_y=1$), on peut ainsi noter le prix domestique relatif du bien x par p . Nous avons ici deux facteurs de production, le capital et le travail (K et L), dont les rémunérations sur le marché sont r et w . Les biens x et y sont respectivement intensifs en capital et en travail, ce qui signifie que pour chaque w et r , le ratio capital sur travail est plus élevé en x qu'en y ($K_x/L_x > K_y/L_y$). Les auteurs supposent aussi qu'en général le secteur le plus intensif en capital est celui qui pollue le plus, donc pour simplifier le processus de production, ils supposent que x émet de la pollution et que y n'en émet pas. Ainsi, l'industrie du bien x produit conjointement le bien x et l'émission z . Copeland et Taylor (2003) supposent que l'industrie du bien x peut allouer une fraction θ de ses intrants à des activités permettant de réduire l'intensité de pollution $e=z/x$. Par conséquent, nous avons $z=\varphi(\theta)F(K_x,L_x)=\varphi(\theta)x$, et une faisabilité technique qui exige $0\leq\theta\leq 1$, avec $\varphi(0)=1$, $\varphi(1)=0$ et $d\varphi/d\theta<0$. Le choix de la fraction d'intrants θ utilisés pour la réduction de la pollution résulte d'un choix endogène du producteur du bien x qui doit faire face à une réglementation sur l'environnement τ^* dans son

pays, ainsi $z = \varphi(\theta(\tau^*))x$, avec $\theta'_{\tau^*} > 0$. L'élément τ^* est lui aussi le résultat endogène de la maximisation de l'utilité sociale de la politique néoclassique du gouvernement qui dépend, entre autres, du niveau de revenu par tête (I). Par ailleurs, on a aussi $I = (px + y)/N = (rK + wL)/N$, où N est le niveau de population. Au final, on obtient $z = \varphi\{\theta[\tau^*(I)]\}x$. Sous la condition d'équilibre, le niveau de sévérité optimal des règles environnementales (le niveau de la taxe d'émission τ^*), devrait être égal à la désutilité marginale causée par la pollution. En général on pense que la désutilité causée par un même niveau de pollution s'accroît quand les individus deviennent plus riches, ce qui donne $\tau^{*'}_I > 0$, $\tau^{*''}_I > 0$.

On suppose qu'il existe trois différences entre les deux régions. Premièrement, le Nord possède plus de capital et de travail que le Sud. Si on utilise les notations K_N et L_N pour les dotations en capital et en travail du Nord et K_S et L_S pour celles du Sud, on suppose alors $K_N > K_S$ et $L_N > L_S$. Deuxièmement, le Nord est en termes relatifs plus doté en capital que le Sud, ainsi $K_N/L_N > K_S/L_S$. Troisièmement, les deux régions ont le même niveau de population N . Par conséquent, le niveau de revenu au Nord devrait être plus élevé qu'au Sud, ce qui conduit à l'hypothèse que le Nord impose des normes environnementales plus sévères que dans le Sud $\tau_N > \tau_S$.¹

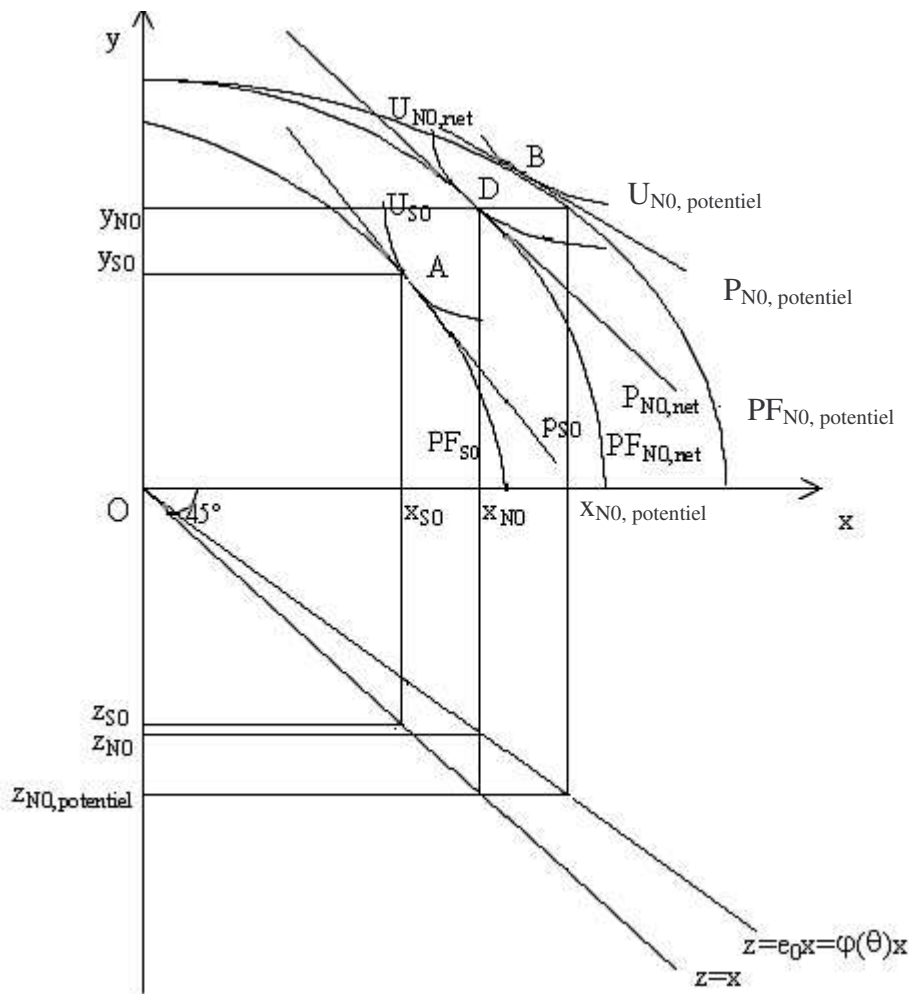
En gardant ces hypothèses en tête, nous allons maintenant procéder à l'illustration graphique sur la façon dont la libéralisation du commerce peut changer la situation de la pollution dans ces deux régions (Antweiler, Copeland et Taylor, 2001).

b. Conditions de production dans les deux régions en situation d'autarcie

Le Graphique 5.2 représente les frontières de production des deux ensembles de pays ($PF_{N0, \text{potentiel}}$ et PF_{S0}), dont les formes sont déterminées par les dotations en facteurs et le niveau de technologie des deux régions. Si les produits et les facteurs de production des deux régions suivent les règles de la concurrence pure et parfaite, alors chaque point sur la frontière de production est une combinaison de deux produits qui maximisent le profit du producteur. Comme le Nord est relativement plus riche en capital que le Sud, et que le bien x est plus intensif en capital que le bien y , par conséquent $PF_{N, \text{potentiel}}$ est relativement plus inclinée vers l'axe des abscisses que PF_S . Dans le même temps, puisque le Nord est de façon absolue plus riche en facteurs capital et travail, PF_N se prolonge également dans les deux dimensions.

¹ Le plus haut niveau de ressources en travail du Nord peut être compris comme étant le résultat d'un niveau moyen d'éducation plus élevé dans le Nord. Ainsi, si la taille de la population est la même dans les deux régions, la population du Nord devrait alors avoir une meilleure productivité que celle du Sud et donc une plus grande force de travail.

Graphique 5.2. Conditions de production en autarcie



On suppose que les producteurs du bien x dans le Nord font face à une taxe d'émission et sont obligés d'allouer une fraction de leurs ressources $\theta(\tau) = x_a/x$ à des activités réductrices de pollution. Les ressources allouées par l'industrie du bien x à ces activités de réduction de la pollution sont notées x_a . Par contre, dans le Sud, étant donné le trop faible niveau de revenu de la population, aucune politique de contrôle des émissions n'est appliquée. A partir de Copeland et Taylor (2003), nous montrons ainsi de façon graphique l'allocation des intrants des industries du bien x aux activités de réduction de la pollution en distinguant entre les possibilités de production potentielles ($PF_{N0, \text{potentiel}}$) et nettes ($PF_{N0, \text{net}}$) des pays du Nord. La frontière de production potentielle correspond ici aux productions possibles d'une économie quand aucune activité de réduction de la pollution n'est prise en compte, alors que la frontière de production nette correspond au niveau maximum de biens x qui peuvent être fabriqués pour un niveau donné de y et de taxation τ . On peut également connaître la distance horizontale entre les frontières de production potentielle et nette. Celle-ci est une fraction fixe de toute la distance horizontale entre la frontière de production potentielle et l'axe des

ordonnées, égale à $\theta = x_a / (x_a + x)$, à l'exception des points où le PF_N coupe l'axe y et où le bien x n'est pas fabriqué.

La partie inférieure du Graphique 5.2 dépeint les résultats de l'émission des activités de production des deux régions. D'après une de nos hypothèses, le Sud n'applique pas de taxe d'émission, par conséquent, en choisissant soigneusement l'unité pour le produit x , nous pouvons représenter la relation entre le produit et l'émission dans la région par une ligne droite à 45° , c'est à dire, $z=x$. Par contre, pour le Nord, l'allocation d'une partie des intrants de l'industrie x à des activités réductrices de pollution a deux effets sur sa production d'émission. Premièrement, cela réduit le montant total de biens x produits, ce qui réduit par conséquent la quantité de pollution potentielle émise. Dans le même temps, comme une partie des intrants sert à réduire la pollution, l'intensité de l'émission sera aussi inférieure à 1. La relation entre le produit et l'émission dans le Nord est ainsi représentée par une ligne droite telle que $z=e_0x$, avec $0 < e_0 < 1$. Graphiquement, cela revient à effectuer une rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre de la droite de 45° qui est utilisée pour décrire la situation de l'émission dans les pays du Sud.

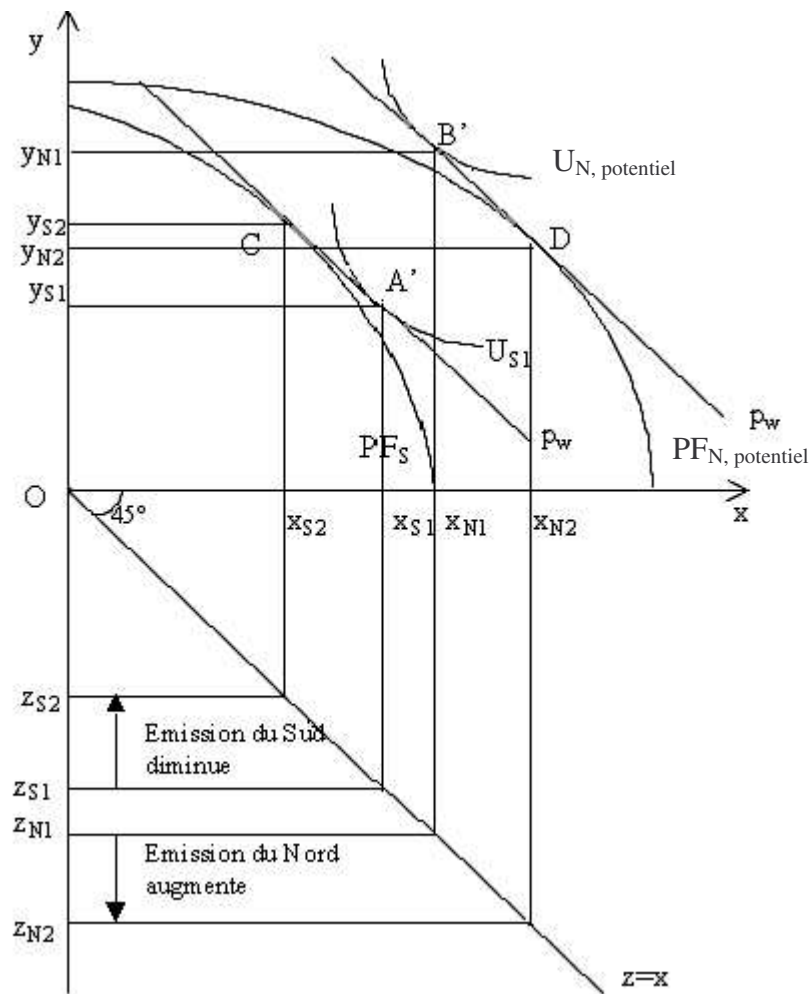
En autarcie, chaque région produit les deux biens afin de satisfaire sa demande domestique. Leur décision de produire la combinaison de biens (x,y) est déterminée par le point de rencontre (ou de contingence) entre la courbe d'indifférence de leur utilité (U_{S0} et $U_{N0,potentiel}$) avec leur frontière de production respective (PF_{S0} et $PF_{N0,potentiel}$), représenté par A et B dans le Graphique 5.2. Ce point de rencontre détermine aussi dans chaque région le prix relatif de x par rapport à y (p_{N0} et p_{S0}), égal à la valeur de la pente d'une des deux courbes en ce point. Quand le Nord pratique les contrôles anti-pollution, on suppose que le point de production passe de B en D sur $PF_{N,net}$. Par ailleurs, le Graphique 5.2 nous montre qu'étant données les différences de dotations en facteurs, le prix relatif de x par rapport à y est plus élevé dans le Sud. Par conséquent, c'est le Nord qui possède ici l'avantage comparatif pour le bien x . Ainsi, même si l'application d'une politique de lutte contre la pollution permet de réduire dans une certaine mesure l'écart de prix relatif entre le Nord et le Sud ($P_{N0,potentiel} < P_{N0,net} < P_{S0}$), la situation décrite par le Graphique 5.2 continue à prédire pour le Nord le maintien de son avantage comparatif dans la production du bien x .

c. Commerce international et différences de dotations en facteurs

Pour éviter de surcharger notre présentation, nous n'allons pas dans un premier temps considérer les différences de normes environnementales entre le Nord et le Sud, mais nous concentrer uniquement sur les changements intervenus dans les conditions de production à la

suite d'une libéralisation du commerce quand il y a seulement entre les deux régions une différence dans la dotation relative en facteurs. Dans ce cas, si les deux régions ouvrent leurs marchés, une réallocation des produits va avoir lieu entre elles, le commerce international va pousser les deux régions à se spécialiser dans les secteurs où elles possèdent relativement le plus grand avantage comparatif. Le Sud qui a un avantage comparatif relatif dans la production de y va ainsi exporter du y vers le Nord, alors que ce dernier va exporter du x vers le Sud. Le nouveau prix relatif sur le marché mondial (p_w) se situe désormais quelque part entre le prix initial du Sud et celui du Nord. Ce nouveau prix relatif détermine les nouveaux points de production (C et D) et de consommation (A' et B') du Sud et du Nord. Dans cette nouvelle situation, le Nord exporte la quantité ($x_{S1}-x_{S2}$) de bien x et importe la quantité ($y_{S2}-y_{S1}$) de bien y .

Graphique 5.3. Changement des conditions de production sous libéralisation commerciale : l'avantage comparatif traditionnel basé sur les dotations



Les deux régions améliorent leur situation grâce au commerce. Ce gain est représenté par les courbes d'indifférence de l'utilité $U_{N1,\text{potentiel}}$ et U_{S1} . Tangentes à la droite des prix mondiaux p_w , ces dernières sont légèrement au dessus des courbes d'origine $U_{N0,\text{potentiel}}$ et U_{S0} . Puisque les deux groupes de pays produisent plus de marchandises à des prix relativement plus élevés, ce gain peut également être justifié par de légers changements dans le revenu.

En ce qui concerne la situation environnementale, les changements sont représentés dans la partie basse du Graphique 5.3. Comme le Nord est devenu exportateur de biens polluants, le commerce international permet au Sud de décharger sur le Nord une partie de la pression qu'il exerçait sur son environnement, soit sur le Graphique 5.3 la quantité $(z_{N2} - z_{N1}) = (z_{S1} - z_{S2})$.

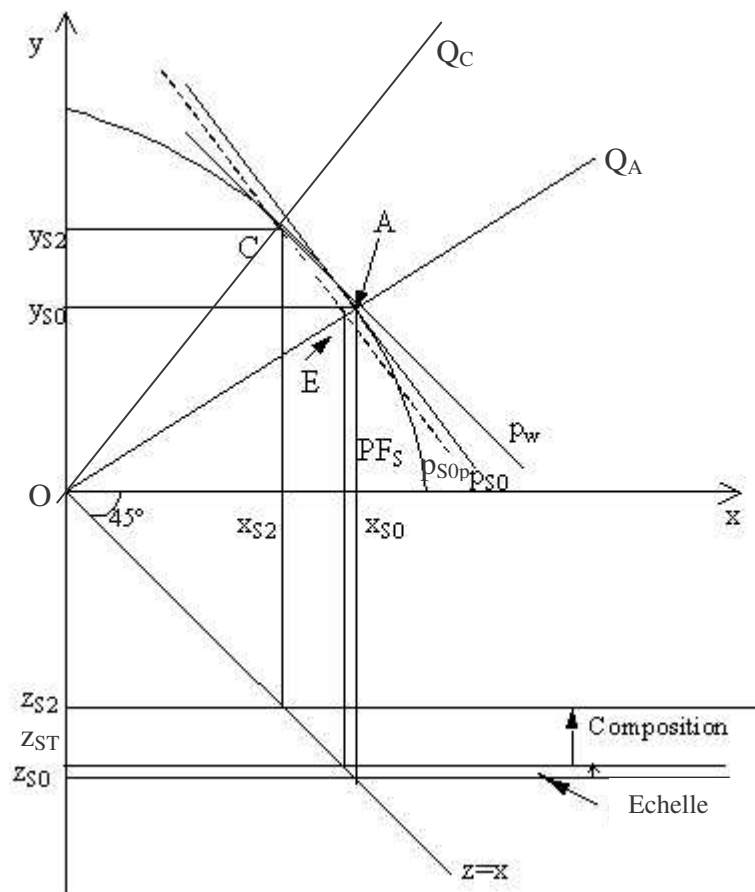
Ensuite, on décompose en trois effets dans le Graphique 5.3.bis les changements dans la pollution qui sont dus au commerce (effets d'échelle, de composition et de technique). La méthode employée est la même que celle de Antweiler, Copeland et Taylor (2001). Comme cette thèse s'intéresse surtout aux problèmes environnementaux de la Chine liés au commerce international, nous nous concentrons seulement sur la décomposition pour le Sud. Afin d'améliorer la présentation graphique, nous allons utiliser dans tous nos graphiques sur la décomposition des séries de lignes droites appelées OQ_x pour représenter la situation de production relative dans le Sud pour différentes situations commerciales. Le suffixe x prendra une lettre différente correspondant à chaque situation commerciale. Cette ligne droite partira de l'origine et passera par le point représentant la production dans le Sud. La courbe de production relative en autarcie est OQ_A , et passe par le point de production A. De la même façon, dans le cas d'une libéralisation du commerce, la courbe de production relative est OQ_C , et passe par le point de production C. Les situations de production relative sont représentées par la pente de ces lignes. Dans le Graphique 5.3bis, ceux-ci sont égaux à y_{S0}/x_{S0} en autarcie et à y_{S2}/x_{S2} avec une ouverture au commerce.

Dans ce graphique, le cadre de production autarcique du Sud est toujours représenté par le point A et le prix relatif d'autarcie est noté p_{S0} . C indique la nouvelle production issue de l'ouverture au commerce et p_w le prix mondial. La pollution est en situation d'autarcie notée z_{S0} et en situation de commerce libre z_{S2} . La ligne droite en traits d'union p_{S0p} , parallèle à celle du prix relatif initial p_{S0} dans le Sud passe par le nouveau point de production C, et donne une mesure réelle de la valeur de cette nouvelle combinaison de production à partir du prix d'autarcie p_{S0} . Pour chaque mouvement le long de p_{S0p} , l'échelle de l'économie reste constante. Par conséquent, nous pouvons grâce à cette ligne décomposer le changement total de production en un mouvement de A à E et en un autre mouvement de E à C.

Le mouvement de A à E est un effet d'échelle pur qui révèle une réduction de la pollution de z_{S0} à z_{ST} due à la baisse de l'échelle de production de l'industrie x . Comme on fait l'hypothèse que l'échelle globale de l'économie reste constante, le mouvement de E à C est un effet de composition pur qui montre l'effet pur de l'augmentation de la part de y dans l'économie du Sud. La partie basse du Graphique 5.3. bis montre que cet effet de décomposition pur conduit à une baisse de pollution de z_{ST} à z_{S2} . Par contre, comme nous n'avons pas encore pris en considération les activités réductrices de pollution, il n'y a donc pas ici d'effet de technique.

Pour résumer la situation, si le commerce international se base simplement sur des différences en dotations de facteurs, le Sud devrait alors voir son niveau de pollution diminuer. Cette réduction de l'émission dans le Sud est en partie due à un changement dans la composition de l'économie qui produit désormais relativement plus de biens propres y que de biens polluants x , et en partie à une baisse de l'échelle de production du bien x . Cependant, le commerce international ne fait que transférer une partie de la pollution d'une région à une autre et ne réduit pas le niveau mondial d'émission, ce qui signifie que $z_{S0} + z_{N0} = z_{S2} + z_{N2}$.

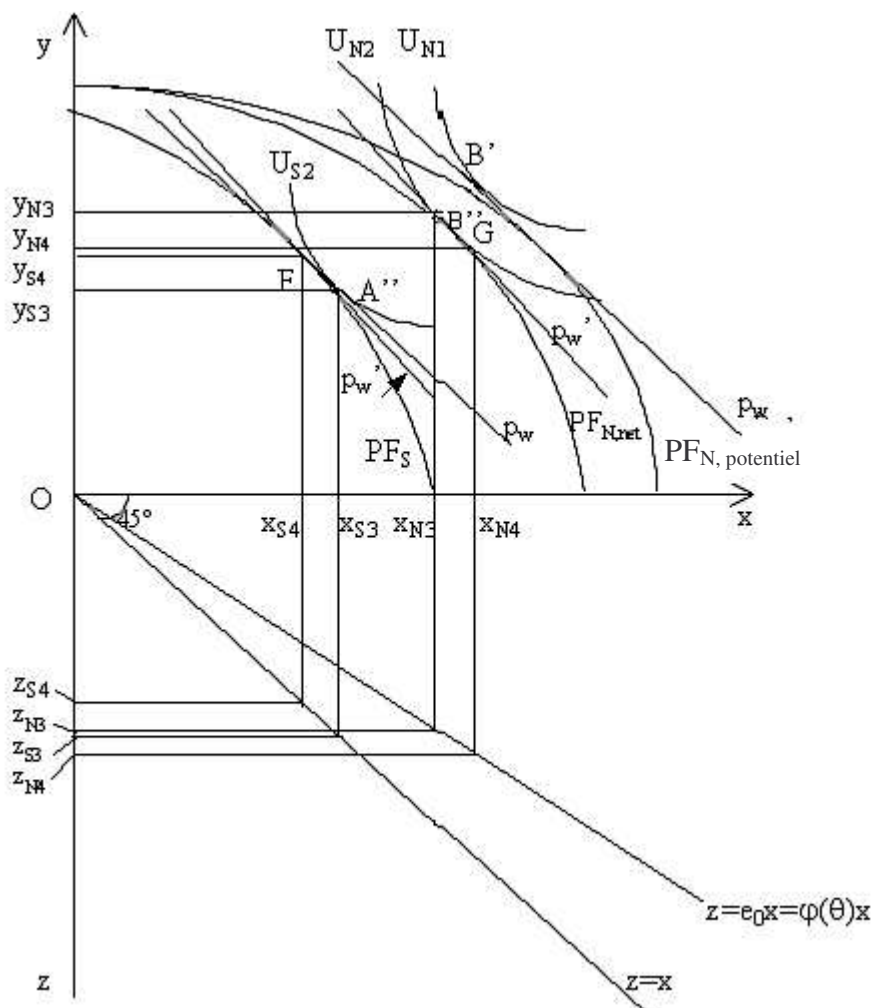
Graphique 5.3.bis Changement des conditions de production sous libéralisation commerciale : l'avantage comparatif basé sur les dotations - Décomposition



d. Commerce international, avantage comparatif basé sur les différences de dotations en facteurs et hypothèse du «havre de pollution»

Nous incluons maintenant dans notre analyse une autre partie des hypothèses mentionnées dans la partie b : seul le Nord pratique une politique de lutte contre la pollution. Selon Copeland et Taylor (1994, 1997 et 2003), comme les pays appartenant au Nord ont généralement une taxe d'émission plus élevée, ils devraient par conséquent perdre une partie de leur avantage comparatif dans le secteur polluant x . Cependant, le cadre final des échanges entre le Nord et le Sud est aussi déterminé par la force du contraste entre l'avantage comparatif issu de la dotation en facteurs et celui du « havre de pollution », c'est pourquoi nous devons discuter des changements potentiels qu'engendrent ces deux conditions pour le commerce et la pollution. Nous avons ici deux cas de figure : soit l'avantage comparatif issu de la dotation en facteurs domine celui qui est issu du « havre de pollution », soit c'est l'inverse.

Graphique 5.4. Changement des conditions de production sous libéralisation commerciale : l'avantage comparatif basé sur la dotation en facteurs domine le « havre de pollution »



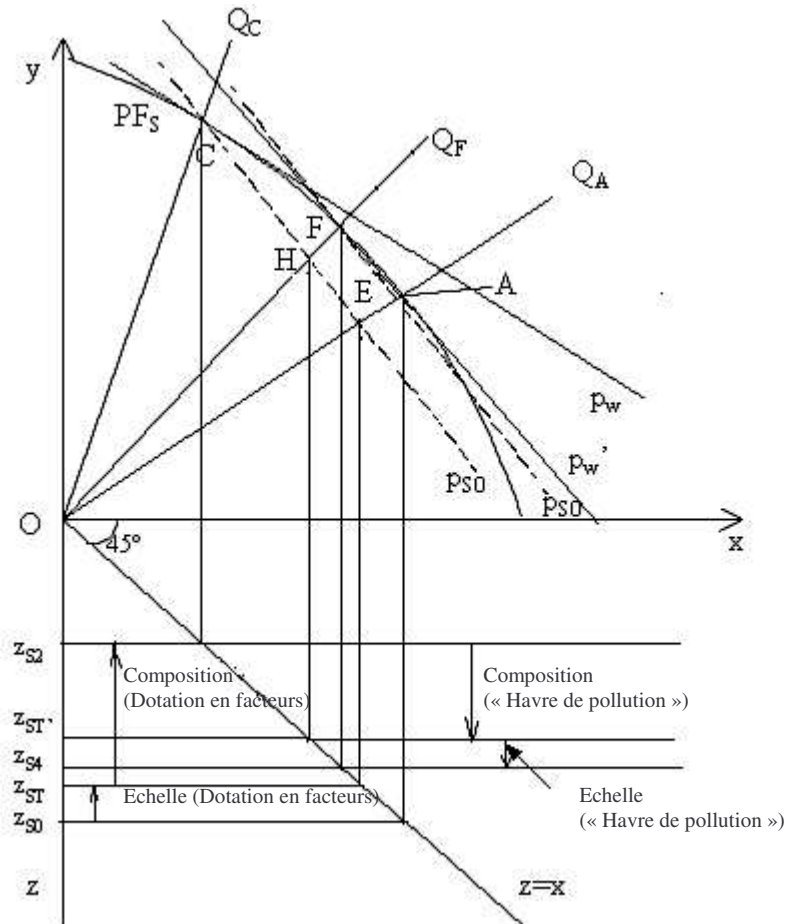
Le Graphique 5.4 montre les changements qui peuvent se produire dans le Sud quand l'avantage comparatif basé sur la dotation en facteurs domine l'avantage issu du « havre de pollution ». Ceci correspond en fait à la suite du Graphique 5.2. Dans ce cas, le mouvement vers l'intérieur de la frontière de production nette du Nord ($PF_{N,net}$) n'est pas très grand, comparé au PF_S , le $PF_{N,net}$ se rapproche toujours plus de l'axe des abscisses. Par conséquent, bien que l'avantage comparatif total du Nord dans l'industrie du bien x décroisse, le Nord reste relativement plus spécialisé en production de biens x et son prix relatif d'autarcie en x est toujours plus bas que celui du Sud. Néanmoins, l'application d'une politique de lutte contre la pollution va en situation de libre échange réduire l'offre du Nord pour le bien x . En conséquence le prix relatif mondial va augmenter jusqu'à p_w' , ce qui est représenté dans le Graphique 5.4 par une droite ayant une la pente plus raide que p_w (Cf. Graphique 5.3). A ce nouvel équilibre mondial, le Nord produit au point G et consomme en B" alors que le Sud produit en F et consomme en A". Le Sud continue à exporter la quantité $(y_{S4}-y_{S3})$ de biens y et à importer la quantité $(x_{N4}-x_{N3})$ de biens x , mais le niveau des échanges interrégionaux est inférieur à ce que nous avons dans le Graphique 5.3.

Quelle est la nouvelle situation de la pollution dans les deux régions ? Si on compare les graphiques 5.4 et 5.3, on s'aperçoit que quand le commerce est sous l'influence des deux types d'avantages comparatifs, mais avec un avantage comparatif issu des dotations en facteurs qui domine l'avantage du "havre de pollution, alors la réduction de la pollution au Sud est moindre que dans la situation où il n'y a que l'influence de la dotation en facteurs, soit $(z_{S0}-z_{S4}) < (z_{S0}-z_{S2})$. Pour le Nord, au contraire, avoir développé des activités réductrices de pollution et être moins spécialisé en x permet de réduire les problèmes de pollution par rapport à la situation exprimée dans le Graphique 5.3 : $(z_{N4}-z_{N0}) < (z_{N2}-z_{N0})$. De plus, le développement des activités réductrices de pollution dans le Nord devrait aussi conduire à une situation globale de pollution telle que $(z_{N4}+z_{S4}) < (z_{N0}+z_{S0})$.

Dans le Graphique 5.4.bis nous décomposons pour le Sud le changement total de pollution causé par le libre échange. Dans cette nouvelle situation, la réduction totale de pollution $(z_{S4}-z_{S0})$ peut être décomposée en quatre parties. Les deux premières parties sont $(z_{S0} \rightarrow z_{ST})$ et $(z_{ST} \rightarrow z_{S2})$. Elles correspondent respectivement aux changements des conditions de production issus de la libéralisation commerciale causée par les différences de dotations en facteurs, $(A \rightarrow E)$ et $(E \rightarrow C)$. Ces deux parties sont exactement les mêmes que celles du Graphique 5.3bis. Cependant, ces deux parties qui réduisent la pollution sont désormais annulées par les deux parties qui accroissent la pollution dans le Sud (avantage comparatif lié au « havre de pollution »). Ces deux dernières parties sont représentées dans le Graphique

5.4bis par $(z_{S2} \rightarrow z_{ST'})$ et $(z_{ST'} \rightarrow z_{S4})$. Elles correspondent respectivement à une transformation de la composition plus orientée vers l'industrie du bien x ($C \rightarrow H$) et au changement d'échelle ($H \rightarrow F$), tous deux causés par le changement des prix relatifs.

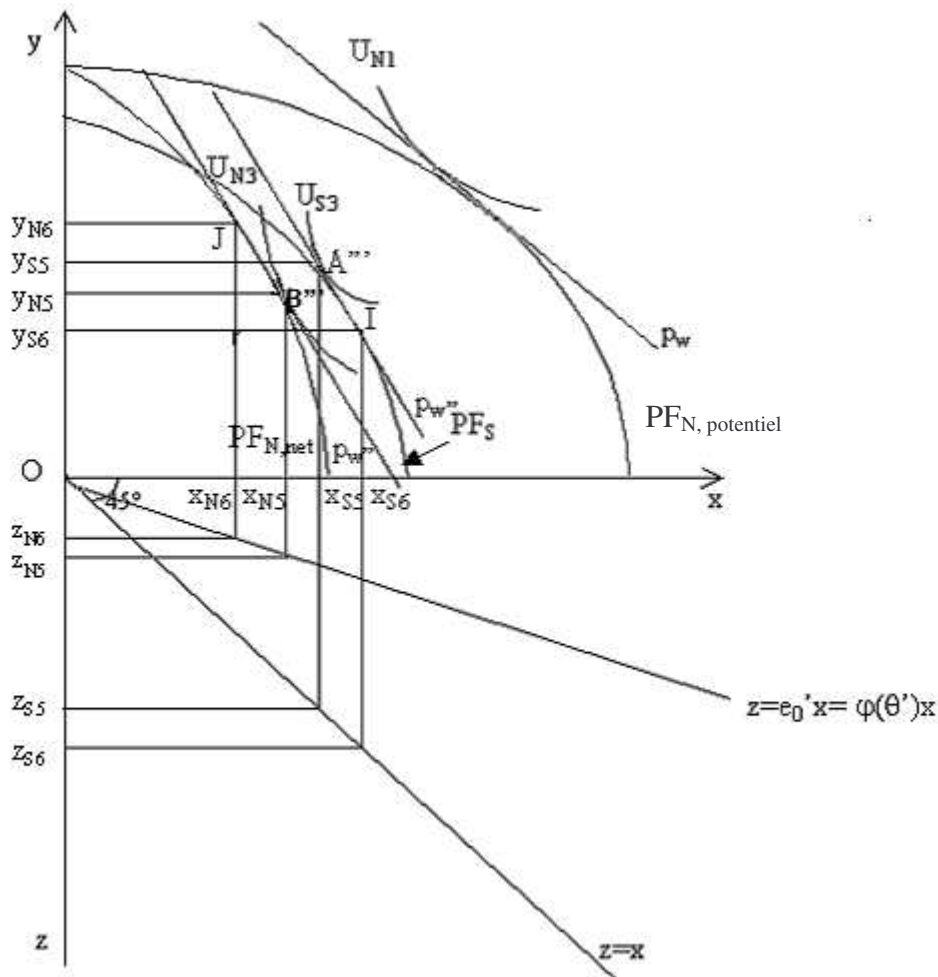
Graphique 5.4.bis Changement des conditions de production sous libéralisation commerciale : décomposition l'Avantage comparatif basé sur la dotation en facteurs domine le « havre de pollution »



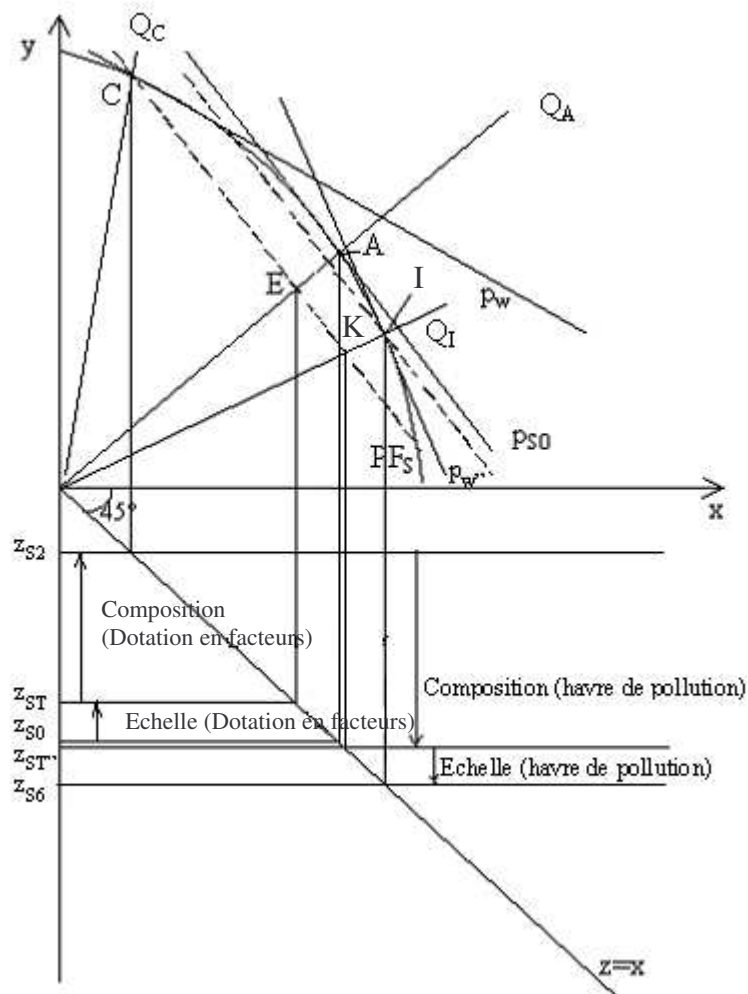
Comme l'effet d'échelle décomposé dans les graphiques 5.3bis et 5.4bis est basé sur une unité de mesure monétaire, et non pas sur de réels changements d'échelle, la conclusion la plus importante que nous pouvons tirer de ces analyses de décomposition basées sur le modèle de Antweiler, Copeland et Taylor (2001) est que l'effet de composition de chaque pays détermine au final la relation entre le commerce et l'environnement. C'est pour cette raison que Cole et Elliott (2003) redéfinissent le modèle de ACT (2001) comme un mécanisme de détermination de l'effet de composition, et qu'ils utilisent des données de pays en panel pour ré-estimer ce modèle dans le but d'étudier le rôle du capital, du travail et des règlements environnementaux sur la transformation de l'effet de composition.

Regardons maintenant le cas où l'avantage comparatif du « havre de pollution » domine l'avantage comparatif issu de la dotation en facteurs. Dans ce cas, la contraction horizontale de la frontière de production nette des pays du Nord ($PF_{N,net}$) devrait être suffisamment grande pour lui permettre d'être plus inclinée vers l'axe des ordonnées que les pays du Sud (PF_S). Ainsi, même si le Nord est toujours du point de vue de sa dotation en facteurs plus compétitif dans la production du bien x que le Sud, la très grande sévérité de sa politique anti-pollution l'empêche de se spécialiser dans cette industrie polluante. Par conséquent, quand les deux pays s'ouvrent au commerce international, le prix relatif mondial de x devrait augmenter jusqu'à p_w'' , avec $p_w'' > p_w' > p_w$. Le Sud, bien que relativement plus riche en travail, devrait ainsi trouver plus profitable de se spécialiser dans l'industrie du bien x .

Graphique 5.5. Changement des conditions de production sous libéralisation commerciale : l'avantage comparatif basé sur la dotation en facteurs dominé par le « havre de pollution »



Graphique 5.5.bis Changement des conditions de production sous libéralisation commerciale : décomposition, L'avantage comparatif basé sur la dotation en facteurs dominé par le « havre de pollution »



Le cas évoqué dans le dernier paragraphe est illustré par le Graphique 5.5, où les nouveaux points de production et de consommation des régions sont indiqués sur leur frontière de production respective. Lorsque l'avantage comparatif du "havre de pollution" devient dominant, un renversement de l'avantage comparatif se produit entre le Nord et le Sud. Le Sud produit alors au point I et consomme au point A" tandis que le Nord produit en J et consomme en B"". Le Sud exporte la quantité $(x_{S6}-x_{S5})$ de biens polluants x et importe la quantité $(y_{N6}-y_{N5})$ de biens propres y. En ce qui concerne la pollution, au contraire de ce que l'on a pu voir dans le Graphique 5.4, le renversement de l'avantage comparatif entre le Nord et le Sud conduit à une augmentation de la pollution dans le Sud, transférant ainsi une partie de la charge de pollution d'une région pourtant plus efficace pour ce qui est des émissions polluantes par unité de production de x (Nord) à une autre qui l'est moins (Sud). La situation globale de pollution reste donc ici ambiguë. Bien que dans ce genre de cas, on observe

généralement une augmentation globale de la pollution, il ne faut cependant pas négliger le fait que dans un modèle à deux pays et deux produits, le résultat final dépende aussi de la quantité totale de biens x produits après l'ouverture au commerce.¹

L'analyse de la décomposition de l'impact du commerce international dans le cas d'un renversement de l'avantage comparatif est donnée dans le Graphique 5.5bis. A la différence du Graphique 5.4bis, la contribution à la décroissance de la pollution issue des effets de composition et d'échelle basés sur l'avantage comparatif de la dotation en facteurs est ici totalement annulée par la croissance de la pollution qui résulte des effets de composition et d'échelle issus du « havre de pollution ». Par conséquent, la pollution augmente dans le Sud et passe de z_{S0} à z_{S6} .

5.4.2. Analyse empirique de la relation entre le commerce et l'environnement basée sur le modèle d'Antweiler, Copeland et Taylor (2001) : l'effet de composition

a. Modèle d'estimation

Les analyses de décomposition des graphiques 5.4bis et 5.5bis nous fournissent une illustration concrète de la conclusion de Copeland et Taylor (1994, 1997, 2003) et de ACT (2001). Selon ces deux graphiques, le commerce international peut réellement affecter l'émission dans un pays du Sud comme la Chine par l'effet de composition des deux aspects suivants : d'une part, étant un pays à bas revenus, l'hypothèse de « havre de pollution » suggère que la Chine va se spécialiser dans des industries intensives en pollution ; D'autre part, si on considère la dotation extrêmement riche de la Chine en main-d'oeuvre, l'hypothèse traditionnelle de l'avantage comparatif suggère quant à elle une spécialisation dans les industries intensives en main-d'oeuvre, moins polluantes. L'effet total du commerce sur l'environnement en Chine dépend donc de la force du contraste qui existe entre sa dotation en facteurs $(K/L)_i$ et la sévérité de sa réglementation environnementale.

Dans cette section, nous utilisons donc le modèle empirique de ACT (1998, 2001) pour vérifier les impacts du commerce sur la situation industrielle d'émission de SO_2 dans 29 provinces chinoises. La fonction d'estimation est décrite par l'équation (5.1) :

$$SO_{2it} = \alpha_i + \eta_t + \beta GDP_{PCit} + \gamma Scale_{it} + \theta (K/L)_{it} + Z_{it}' \phi + \rho t + \varepsilon_{it} \\ + \gamma_0 open_{it} + \gamma_1 open_{it} \times (K/L)_{it} + \gamma_2 open_{it} \times (K/L)_{it}^2 + \gamma_3 open_{it} \times GDP_{PCit} + \gamma_4 open_{it} \times GDP_{PCit}^2 \quad (5.1)$$

¹ D'un point de vue plus réaliste, nous pensons que les caractéristiques du commerce multilatéral et de la mobilité internationale du capital garantissent de nos jours un niveau de production de marchandises polluantes qui devrait rester le même qu'avant le libre échange, voire être plus élevé. C'est pourquoi quelques auteurs pensent que le commerce international mène finalement à une augmentation de la pollution globale.

Évidemment, cette équation est une version prolongée de la fonction d'estimation (3.10) utilisée dans la recherche des déterminants structurels de l'émission industrielle de SO₂. Les cinq termes supplémentaires inclus pour étudier les incidences sur l'environnement du commerce sont regroupés dans la deuxième ligne de l'équation (5.1).

La variable d'intensité commerciale ($open_{it}$), mesurée par le ratio de la somme des exportations et des importations sur le PIB $((X+M)/PIB)$ est incluse pour saisir l'impact potentiel direct du commerce sur l'émission industrielle de SO₂.¹ Tout comme ACT (2001), nous incluons aussi les termes multiplicatifs de l'intensité commerciale ($open_{it}$) avec le ratio capital/travail $(K/L)_{it}$ et le revenu par tête $GDPPC_{it}$ pour saisir l'interaction entre la dotation en facteurs et ce qui motive l'existence d'un « havre de pollution » dans la détermination de l'effet de composition au cours du processus chinois de libéralisation du commerce de ces dix dernières années.

Pour saisir la force du contraste entre l'avantage comparatif basé sur le « havre de pollution » et celui basé sur la dotation en facteurs dans la détermination de la composition industrielle en période de libre échange, nous introduisons aussi dans l'équation 5.1 l'interaction du revenu par tête au carré $GDPPC_{it}^2$ et le ratio capital/travail au carré $(K/L)_{it}^2$ avec l'intensité commerciale (ACT, 2001). Comme expliqué dans ACT (1998), parce que la théorie n'indique pas à partir de quel point une augmentation du ratio capital/travail accroît la pollution (par l'intermédiaire de l'effet de composition), et à partir de quand l'augmentation du revenu par tête fait baisser la pollution (par l'intermédiaire de l'effet de composition), nous préférons adopter cette approche souple dans notre estimation. Nous prévoyons ici que l'interaction du ratio capital/travail au carré avec l'intensité commerciale va impliquer un impact positif du libre échange sur l'émission de SO₂ pour un ratio élevé, et un effet négatif pour un niveau plus bas. Ceci correspond à la situation illustrée sur le Graphique 5.4 pour laquelle, indépendamment des autres caractéristiques du Nord, si son ratio capital/travail est suffisamment plus élevé qu'au Sud, il doit exporter le bien polluant x. Alternativement, si le rapport capital/travail du Sud est suffisamment plus faible que celui du Nord, il doit importer le bien polluant x. Par conséquent, les résultats partiels de l'estimation pour les deux termes d'interaction de capital/travail et capital/travail au carré avec l'intensité commerciale reflète réellement l'hypothèse de l'avantage comparatif de la dotation en facteurs.

¹ La même mesure de l'intensité commerciale a aussi été utilisée par Agras et Chapman (1999), Suri et Chapman (1998), ACT (1998, 2001) et Cole et Elliott (2003). Ici nous utilisons en effet une mesure de l'ouverture commerciale observée mais pas une mesure de la politique d'ouverture. Considérant ce que nous nous intéressons dans ce chapitre est l'impact de l'ouverture commerciale sur l'environnement, nous croyons que c'est plus convenable d'utiliser l'intensité commerciale observée. Pour la discussion plus détaillée sur les différentes mesures de l'ouverture, voir Guillaumont (2001) et Combes et al. (2000).

De même, nous nous attendons à ce que l'interaction avec le revenu par tête au carré implique un impact négatif du commerce sur l'émission de SO_2 pour les pays ayant un niveau de revenus élevé et un effet positif pour les autres. Ceci correspond au Graphique 5.5 où dans le cas d'un niveau de revenu par tête suffisamment élevé, le pays doit importer le bien polluant x . Alternativement, si le revenu par tête du pays est trop bas, celui-ci se transformera, malgré une main-d'oeuvre abondante, en un exportateur du bien polluant x . Ce résultat partiel des deux termes d'interaction du revenu par tête et du revenu par tête au carré avec l'intensité commerciale reflète l'hypothèse du « havre de pollution ».

La raison pour laquelle nous employons simplement le ratio absolu capital/travail au niveau provincial et le revenu par tête absolu des provinces pour les termes multiplicatifs avec l'intensité commerciale, et non pas comme ACT (2001) et Cole et Elliott (2003) le ratio relatif de K/L et le revenu par tête par rapport aux valeurs moyennes de l'échantillon, est que nous nous intéressons au commerce international de chaque province chinoise avec tous les autres *pays étrangers*. Par conséquent, pour chaque province, c'est vraiment la différence entre son ratio de K/L et son revenu par tête avec ceux de la moyenne du monde (Chine exclue) qui décide de leurs avantages comparatifs. Cependant, puisque chaque année, cette moyenne du monde est la même pour toutes les provinces, inclure ces termes changerait seulement l'échelle des coefficients des termes multiplicatifs. Ainsi, il n'est pas vraiment nécessaire de faire cet arrangement dans notre estimation. Cependant, si on considère la croissance économique relativement plus rapide de la Chine, nous croyons qu'il sera toujours intéressant de faire cet arrangement pour une comparaison puisque la différence entre la moyenne du monde (Chine exclue) et les provinces chinoises devrait baisser dans le temps pour ce qui est du ratio capital/travail et du revenu par tête.¹

b. Résultats de l'estimation

Tout comme dans le Chapitre 3, nous réalisons notre estimation à la fois pour la densité d'émission industrielle de SO_2 et pour l'émission totale de SO_2 industriel. Les résultats obtenus pour la densité d'émission industrielle de SO_2 sont montrés dans le Tableau 5.1 et ceux pour l'émission totale le sont dans le Tableau 5.2. La seule différence qu'il y a entre les fonctions estimées des Tableaux 5.1 et 5.2 est l'inclusion additionnelle de la densité de population dans le premier (Cf. Chapitre 2).

¹ Cette comparaison est rapportée dans l'annexe de ce chapitre. Comme attendu, l'inclusion des termes relatifs de K/L et du revenu par tête n'ont pas changé les principaux résultats de l'estimation.

Regardons d'abord les résultats pour la densité d'émission. Dans toutes les colonnes, l'inclusion des variables d'intensité commerciale n'affecte pas la cohérence des coefficients des trois déterminants structurels de l'émission (effets d'échelle, de technique et de composition) avec ceux obtenus dans le modèle de la CKE structurelle du Chapitre 3. Ceci indique une bonne stabilité de nos émissions. L'effet d'échelle garde son coefficient positif autour de 1, tandis que le ratio capital/travail, pris comme mesure de l'effet de composition, continue à aller à l'encontre de notre hypothèse de départ avec des coefficients significativement négatifs.

Comme dans les Tableaux 3.2 et 3.3, nous continuons à utiliser le modèle en structure « spline » pour estimer l'effet de technique. Bien que la structure « spline » distingue toujours les divergences qui existent entre les provinces et les villes au niveau de la relation revenu-pollution après que les cinq termes relatifs au commerce aient été inclus, on peut toutefois observer que cette inclusion conduit à une réduction de la significativité des coefficients des deux termes multiplicatifs entre le PIB par tête et la variable muette ville. En même temps, les cinq termes relatifs au commerce montrent une significativité jointe avec une valeur du F-test de 4,7 pour effet fixe (FE) et de 10,91 avec pour l'estimation en GMM dynamique de Arellano et Bond (AB). Existe-il donc une multi-colinéarité entre les termes relatifs au commerce et l'effet de technique en structure « spliné » qui réduise la significativité des coefficients des termes relatifs au commerce ? Pour tester cette possibilité, nous enlevons dans le modèle (3) la structure « spline » de l'effet de technique. Avec une puissance explicative totale du modèle qui reste inchangée, nous constatons que tous les termes relatifs au commerce deviennent cette fois significatifs. Nous considérons ceci comme la démonstration que les caractéristiques commerciales de l'économie provinciale aident à la réalisation de la décomposition structurelle de la CKE (Cf. Chapitre 3). En effet, après l'inclusion des cinq termes relatifs au commerce, nous réussissons finalement à obtenir un coefficient négatif simple pour le PIB par tête (pris ici comme mesure de l'effet technique pur).

Tableau 5.1 ACT (1998) Modèle structurel : lien entre commerce et environnement (variable dépendante : densité de l'émission industrielle de SO₂, 29 provinces, 1992-2003)

	Modèle (1)		Modèle (2)		Modèle (3)		Modèle (4)	
	EF	AB	EF	AB	EF	AB	EF	AB
GDPPC (1/1000)	-0,165 (1,32)	-0,460 (1,80)	-0,554 (3,03)***	-0,916 (2,93)***	-0,491 (2,49)**	-0,598 (1,94)*	-0,480 (2,85)***	-0,611 (1,98)**
City×GDPPC	2,308 (2,68)***	3,785 (2,39)**	2,482 (2,49)**	3,893 (1,85)*				
City×GDPPC²	-0,136 (2,72)***	-0,201 (2,23)**	-0,137 (2,30)**	-0,196 (1,53) ^o				
K.L (1/10000)	-0,143 (6,24)***	-0,148 (1,88)*	-0,094 (3,15)***	-0,089 (1,12)	-0,087 (2,66)***	-0,046 (0,52)	-0,084 (3,04)***	-0,035 (0,40)
Scale	1,391 (3,67)***	1,995 (2,48)**	1,325 (3,22)***	2,024 (3,73)***	1,021 (2,75)***	1,301 (6,41)***	1,004 (3,02)***	1,308 (6,33)***
Open	0,003 (0,24)	0,006 (0,44)	-0,012 (0,77)	-0,016 (0,70)	-0,035 (1,86)*	-0,066 (2,13)**	-0,035 (1,89)*	-0,067 (2,14)**
Open×K/L			-0,003 (1,47)	-0,003 (1,47)	-0,0016 (0,80)	-0,00095 (0,72)	-0,0014 (1,92)*	-0,00094 (0,83)
Open×(K/L)²			0,000013 (0,23)	0,000036 (0,53)	8,94×10 ⁻⁶ (0,14)	4,32×10 ⁻⁶ (0,13)		
Open×GDPPC			0,007 (1,36)	0,008 (0,71)	0,016 (3,15)***	0,022 (2,68)***	0,016 (3,18)***	0,022 (2,80)***
Open×GDPPC²			-0,0002 (0,35)	-0,0002 (0,39)	-0,001 (2,22)**	-0,001 (3,53)***	-0,001 (2,19)**	-0,001 (3,72)***
Popden	-0,034 (5,53)***	-0,046 (8,37)***	-0,034 (4,88)***	-0,045 (12,03)***	-0,033 (4,38)***	-0,039 (14,50)***	-0,033 (4,66)***	-0,039 (15,75)***
trend	0,207 (5,71)***	0,300 (3,50)***	0,261 (5,08)***	0,366 (4,26)***	0,228 (4,26)***	0,215 (2,80)***	0,224 (5,56)***	0,214 (2,69)***
SO₂den_{t-1}		-0,209 (3,43)***		-0,187 (3,94)***		-0,095 (1,11)		-0,095 (1,12)
R-carrée	0,6160		0,6442		0,6147		0,6146	
F test	26,82		24,44		23,85		25,18	
AR(1)	2,0730	-1,60 (0,1091)	2,1947	-1,56 (0,1199)	2,1635	-1,56 (0,1180)	2,1594	-1,56 (0,1179)
AR(2)		0,45 (0,6488)		0,63 (0,3271)		0,35 (0,7245)		0,35 (0,7271)
Breuch-pagan	111,86 (0,000)		159,92 (0,000)		158,65 (0,000)		190,62 (0,000)	
Hausman	1445,61 (0,000)		1141,57 (0,000)		802,06 (0,000)		888,81 (0,000)	
Sagan		18,91 (1,000)		14,08 (1,000)		16,47 (1,000)		16,31 (1,000)

Tableau 5.2. ACT (1998) Modèle structurel : lien entre commerce et environnement (variable dépendante : Emission totale de SO₂ industriel, 29 provinces, 1992-2003)

	Modèle (1)		Modèle (2)		Modèle (3)		Modèle (4)		Modèle (5)	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF
GDPPC (1/1000)	183,588 (2,49)**	229,828 (1,95)*	184,733 (2,44)**	274,854 (2,47)**	-76,980 (4,27)***	-54,161 (2,19)**	-36,052 (3,06)***	-33,779 (3,05)***	-36,165 (3,08)***	-39,383 (3,49)***
GDPPC² (1/1000)²	-37,061 (3,45)***	-38,933 (2,77)***	-37,165 (3,26)***	-44,656 (3,44)***						
GDPPC³ (1/1000)³	1,862 (3,25)***	1,986 (3,08)***	1,771 (2,83)***	2,154 (3,65)***						
City×GDPPC	-149,057 (2,39)**	-165,956 (1,68)*	-158,326 (2,52)**	-221,906 (2,04)**	44,242 (2,98)***	21,015 (1,04)				
City×GDPPC²	34,517 (3,46)***	34,059 (2,55)**	34,389 (3,44)***	38,683 (2,93)***						
City×GDPPC³	-1,845 (3,39)***	-1,887 (3,01)***	-1,724 (3,12)***	-1,947 (3,33)***						
K.L (1/10000)	-6,370 (1,66)*	-3,222 (0,84)	-4,925 (1,07)	1,301 (0,30)	-7,721 (1,69)*	-4,374 (1,11)	-11,309 (2,53)**	-4,903 (1,09)	-11,127 (2,62)***	-6,795 (1,72)*
Scale	2,156 (6,36)***	1,120 (2,34)**	2,087 (5,80)***	0,928 (2,00)**	2,044 (5,61)***	1,007 (1,87)*	1,290 (4,76)***	0,632 (2,01)**	1,262 (4,69)***	0,805 (2,48)**
Open	-0,801 (0,96)	-0,472 (0,92)	-1,609 (0,95)	-3,263 (2,47)**	-0,511 (0,42)	-1,123 (1,27)	-0,991 (0,81)	-0,591 (0,62)	-1,074 (0,92)	-1,020 (1,00)
Open×K/L			-0,131 (0,93)	-0,031 (0,39)	-0,124 (0,91)	-0,063 (0,60)	-0,034 (0,26)	-0,100 (1,15)	-0,021 (0,27)	-0,085 (1,57) ^o
Open×(K/L)²			0,001 (0,35)	-0,001 (0,53)	0,001 (0,19)	-0,001 (0,50)	0,001 (0,14)	-0,0005 (0,02)		
Open×GDPPC			0,428 (0,91)	0,743 (2,11)**	0,245 (1,14)	0,386 (2,07)**	0,178 (0,82)	0,332 (1,77)*	0,191 (0,89)	0,370 (1,97)*
Open×GDPPC²			-0,015 (0,51)	-0,032 (1,60) ^o	-0,010 (1,09)	-0,013 (2,18)**	-0,004 (0,43)	-0,009 (1,30)	-0,004 (0,50)	-0,010 (1,39)
trend	1,157 (0,15)	-0,831 (0,07)	0,731 (0,09)	-7,298 (0,63)	23,924 (5,24)***	24,587 (4,68)***	19,442 (4,48)***	21,932 (5,07)***	19,560 (4,62)***	23,745 (5,59)***
so2_{t-1}		0,239 (2,45)**		0,318 (4,02)***		0,220 (2,45)**		0,244 (2,54)**		0,105 (1,13)
Constante	226,271 (2,10)**		231,180 (2,17)**		556,442 (9,74)***		536,717 (9,19)***		537,461 (8,94)***	
R-carrée	0,5117	0,4217	0,4797	0,4607	0,4605	0,4004	0,3905	0,3888	0,3865	0,3783
F test		11,69		11,20		13,34		12,81		12,15
AR(1)	1,3307	1,2527	1,3500	1,3395	1,3375	1,2364	1,3080	1,2320	1,3080	1,1947
Breuch-pagan	983,99 (0,000)		885,21 (0,000)		871,80 (0,000)		995,44 (0,000)		1070,78 (0,000)	
Hausman	77,25 (0,000)		132,36 (0,000)		226,63 (0,000)		99,00 (0,000)		58,51 (0,000)	

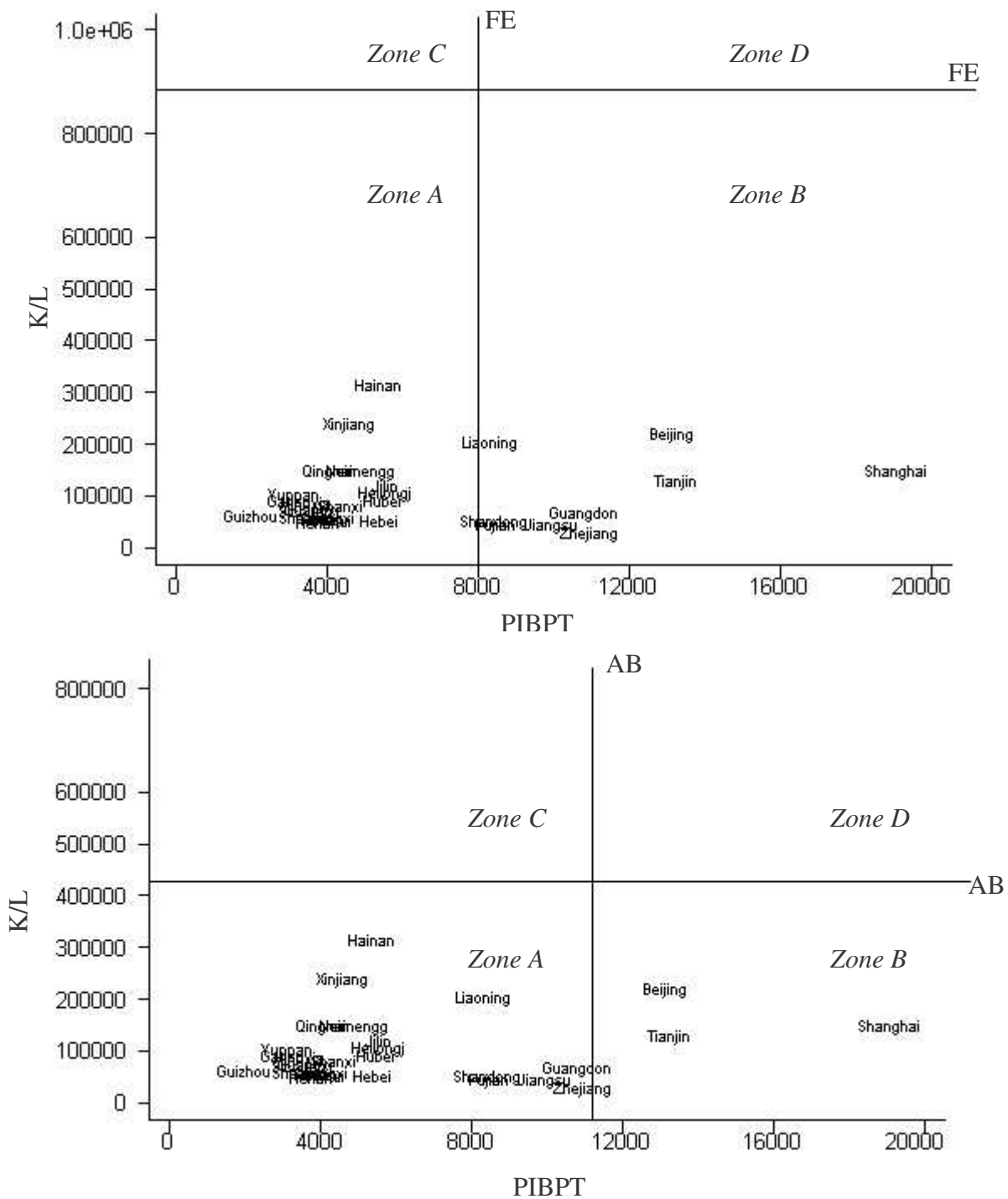
Note : L'estimation en GMM dynamique de Arellano et Bond (1991) n'est pas utilisée dans ce tableau à cause de son incapacité à éliminer la corrélation sérielle entre les séries temporelles d'un même groupe. Les t de student sont entre parenthèses.

Intéressons nous maintenant au rôle du commerce dans l'émission totale de SO₂ industriel. Bien que la variable d'intensité commerciale soit non significative dans le modèle (1), il semble qu'une fois inclus les autres termes relatifs au commerce on ait alors un impact direct du commerce qui réduise significativement la pollution. Ce résultat est ici à mettre en relation avec ceux trouvés par ACT (2001) et Cole et Elliott (2003) et qui sont basés sur des expériences internationales. Les résultats de l'estimation pour les termes interactifs entre le commerce et les caractéristiques des avantages comparatifs confirment également l'hypothèse théorique de ACT (2001) et de notre illustration graphique, à l'exception près que le terme multiplicatif avec le ratio $(K/L)^2$ est non significatif. Pour une province, si son ratio K/L reste en dessous de 890 000 Yuans par personne pour l'estimation en EF ou à 416 667 Yuans par personne pour AB, on devrait trouver une baisse de la pollution en réponse à la libéralisation commerciale. Par contre, pour une province dont le PIB par tête est inférieur à 8 000 Yuans avec l'estimation en EF ou à 11000 Yuans avec AB, une augmentation de l'intensité commerciale conduira à une augmentation de l'émission industrielle de SO₂, puisque l'avantage comparatif dans la production du bien sale s'accroît.

Le graphique 5.6 rapporte la combinaison entre le ratio K/L et le PIB par tête des 29 provinces chinoises en 2003. Les lignes horizontales et verticales dénotées EF et AB délimitent chaque diagramme en quatre zones qui représentent les quatre combinaisons possibles entre l'avantage comparatif en dotation de facteurs et le « havre de pollution ». Les 29 provinces chinoises possèdent ici un avantage comparatif évident dans les industries intensives en main-d'œuvre assez peu polluantes.¹ Pour la plupart d'entre elles, leur niveau relativement bas de revenu les dote également de certains avantages pour les industries polluantes. Seules les trois villes dans l'estimation de Arellano et Bond, et les huit provinces et villes les plus riches (Shanghai, Beijing, Tianjin, Guangdong, Zhejiang, Jiangsu, Fujian, Shandong et Liaoning) selon l'estimation en EF, ont réussi à surpasser la phase d'opposition entre les deux avantages comparatifs.

¹ C'est aussi la raison pour laquelle nous échouons à obtenir un coefficient significatif pour le terme d'interaction entre l'intensité commerciale et le ratio K/L au carré.

Graphique 5.6. Ratio K/L et PIB par tête de 29 provinces chinoises en 2003



Zone A : L'avantage comparatif du « havre de pollution » est annulé par une dotation en facteurs avantageuse pour les industries propres
 Zone B : L'avantage comparatif en dotation de facteurs pour les industries propres est renforcé par le désavantage du « havre de pollution »
 Zone C : L'avantage comparatif du « havre de pollution » est renforcé par une dotation en facteur avantageuse pour les industries sales
 Zone D : L'avantage comparatif en dotation de facteurs pour les industries sales est annulé par le désavantage du « havre de pollution »

Regardons maintenant les résultats rapportés dans le Tableau 5.2 pour l'émission totale de SO₂ industriel. Bien que les coefficients soient relativement moins significatifs, les résultats de l'estimation sont très cohérents avec ceux obtenus pour la densité d'émission.

Comme dans le cas de la densité d'émission, l'inclusion de l'intensité commerciale n'affecte pas la stabilité des coefficients pour les effets d'échelle, de composition et de technique. Il s'avère également que le simple terme d'intensité commerciale est un facteur de réduction de l'émission totale de SO₂ industriel. D'ailleurs, on peut aussi observer à partir des résultats de l'estimation que le jeu d'opposition entre l'avantage comparatif en dotations de facteurs et l'hypothèse du « havre de pollution » agit de façon similaire dans les deux cas. La grande cohérence des résultats obtenus à partir de différentes mesures de pollution indique ici la bonne cohérence du modèle structurel de ACT (2001) avec la réalité.

Tableau 5.3. Élasticités de l'échelle, de la composition, de la technique et du commerce

	Densité d'émission industrielle de SO ₂							
	Effet fixe				GMM dynamique de Arellano-Bond avec EF			
	Echelle	Composition	Technique	Commerce	Echelle	Composition	Technique	Commerce
Elasticité	0,233	-0,137	-0,146	0,049	0,470	-0,107	-0,262	0,002
Err. Stand.	0,000***	-0,001***	-0,001***	-0,001***	0,030**	0,149	0,141	0,054*
Max	0,233	-0,138	-0,147	0,048	0,499	0,039	-0,124	0,055
Min	0,232	-0,136	-0,145	0,049	0,441	-0,252	-0,400	-0,051
	Emission totale de SO ₂ industriel							
	Effet fixe				Effet aléatoire			
	Echelle	Composition	Technique	Commerce	Echelle	Composition	Technique	Commerce
Elasticité	0,002	-0,113	-0,255	-0,010	0,003	-0,146	-0,262	-0,027
Err. Stand.	0,001***	0,075*	0,078*	0,039**	0,001***	0,092*	0,080*	0,053*
Max	0,003	-0,040	-0,178	0,028	0,005	-0,055	-0,183	0,025
Min	0,001	-0,187	-0,332	-0,049	0,002	-0,236	-0,340	-0,080

Note : 1. *** indique une significativité à un niveau de confiance de 99%. ** indique une significativité à un niveau de confiance de 95%. * indique une significativité à un niveau de confiance de 90%. 2. Les élasticités sont calculées pour la valeur moyenne des variables indépendantes.

L'illustration des combinaisons entre l'avantage comparatif de la dotation en facteurs et le « havre de pollution » des 29 provinces dans le Graphique 5.6, ne nous permet cependant pas d'avoir une idée précise du rôle actuellement joué par le commerce dans chaque province. En effet, le résultat final de l'annulation entre ces deux avantages comparatifs dépend également de la situation du PIB par tête et du rapport capital/travail de chaque province. Pour remédier à ce problème, nous avons besoin de calculer l'élasticité de l'émission par rapport à l'intensité commerciale (ACT (2001) et Cole et Elliott (2003)). Ce calcul est basé sur les résultats de l'estimation du modèle (4) du Tableau 5.1 et du modèle (5) du Tableau 5.2. La méthode utilisée est celle de Delta.¹ Nous profitons aussi de cette l'occasion pour calculer l'élasticité de l'émission par rapport à ses trois déterminants structurels. Pour une raison d'espace, nous ne rapportons dans le Tableau 5.3 que les élasticités de la densité industrielle d'émission et de l'émission totale de SO₂ qui sont au niveau national. La taille des élasticités

¹ Greene, 1997, pp.280.

semble être raisonnable et montre une bonne cohérence avec les résultats de la décomposition du Chapitre 4. Pour un même déterminant de l'émission, la différence dans la méthode d'estimation n'affecte pas la direction de son élasticité, même si l'estimateur en effet fixe fournit des résultats plus significatifs.

Pour les deux indicateurs de pollution, nous trouvons une élasticité de l'effet d'échelle positive et significative. Cependant, il semble que cet effet soit significativement plus important pour la densité d'émission que pour l'émission totale. Par ailleurs, nous obtenons une élasticité de l'effet de composition qui est toujours négative. En ce qui concerne l'élasticité de l'effet de technique, son amplitude est dans tous les cas très élevée, ce qui implique de rapides progrès techniques des secteurs industriels chinois dans les activités réductrices de pollution. La seule divergence qui existe dans les résultats de l'élasticité entre la densité d'émission et l'émission totale de SO₂ concerne l'intensité commerciale. Bien que celui-ci semble être un facteur croissant pour la densité d'émission, son élasticité pour l'émission totale de SO₂ industriel est négative. Les valeurs de ces élasticités sont toutes très proches de zéro, ce qui nous conduit à porter la même conclusion que ACT (2001) : au niveau national, qu'il « soit positif ou négatif », l'influence des échanges commerciaux dans la détermination de l'émission de SO₂ « sera toujours faible ».

Nous présentons ensuite dans les Graphique 5.7.a et 5.7.b. la corrélation possible entre les élasticités du commerce spécifiques à chaque province et le ratio capital/travail et le PIB par tête qui correspond. Selon l'analyse de ACT (2001), en période de libre échange, l'hypothèse de « havre de pollution » suggère que les provinces pauvres auront une plus grande probabilité de se spécialiser dans les industries sales et que les provinces plus riches. Par conséquent, nous devrions prévoir une élasticité du commerce plus élevée pour les provinces les plus pauvres. Cependant, comme dans ACT (2001), le Graphique 5.7.a. ne représente aucune relation significativement négative entre le revenu par tête et l'élasticité de l'émission par rapport au commerce, s'il ne révèle pas un cas au contraire.

Le Graphique 5.7.b. montrent la relation potentielle qui existe entre l'élasticité du commerce et le ratio capital/travail. Bien que la théorie traditionnelle de l'avantage comparatif suggère que les provinces ayant un stock de capital relativement élevé devraient se spécialiser dans les secteurs intensifs en capital, nous pouvons seulement observer dans les deux parties du graphique une distribution désordonnée des 29 provinces.

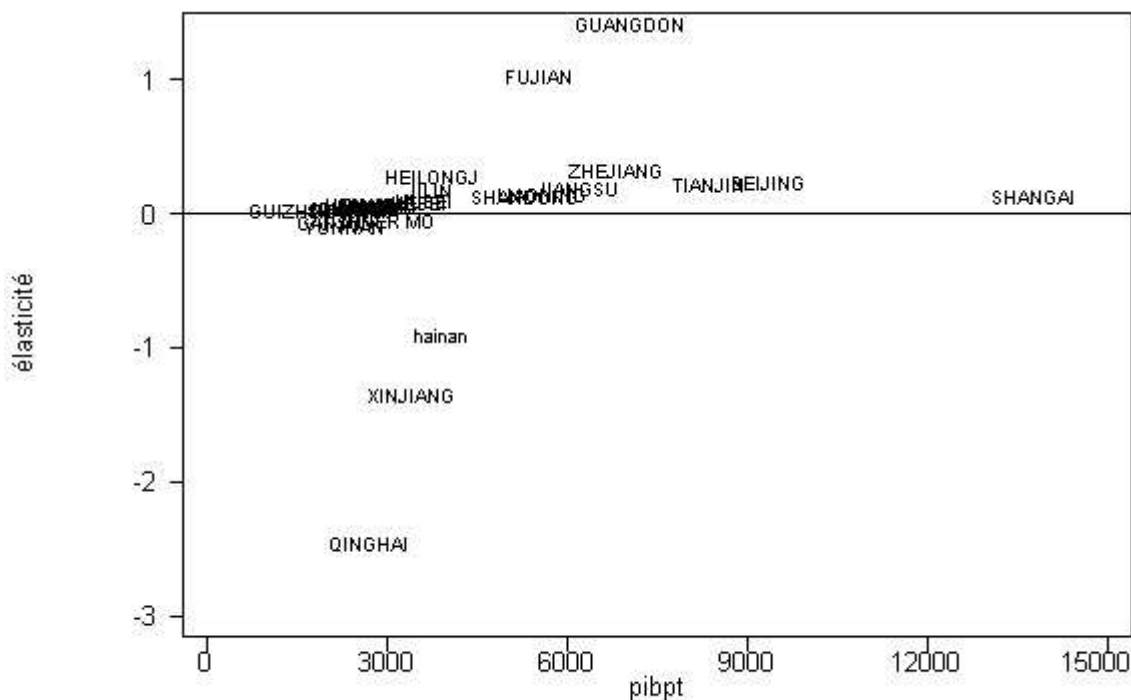
Une autre chose que nous pouvons constater dans le Graphique 5.7.a et 5.7.b est que, pour la plupart des provinces, leur élasticité par rapport au commerce est positive. Contre toute attente et malgré le fait que Shanghai et Tianjin se trouvent dans la Zone B du

Graphique 5.6 où l'avantage comparatif en dotation de facteurs pour les industries propres est renforcé par le désavantage du « havre de pollution », nous leur trouvons également des élasticités du commerce qui sont *positives*. Seules les provinces de Xinjiang, Hainan, Qinghai, Yunnan et Neimenggu—grâce à une combinaison de PIBPT et K/L assez particulière—montrent une élasticité du commerce négative. Il apparaît donc clairement ici que pour que le commerce puisse jouer un rôle positif sur l'environnement, la combinaison entre le PIB par tête et le ratio capital/travail doit respecter certaines conditions assez spéciales.

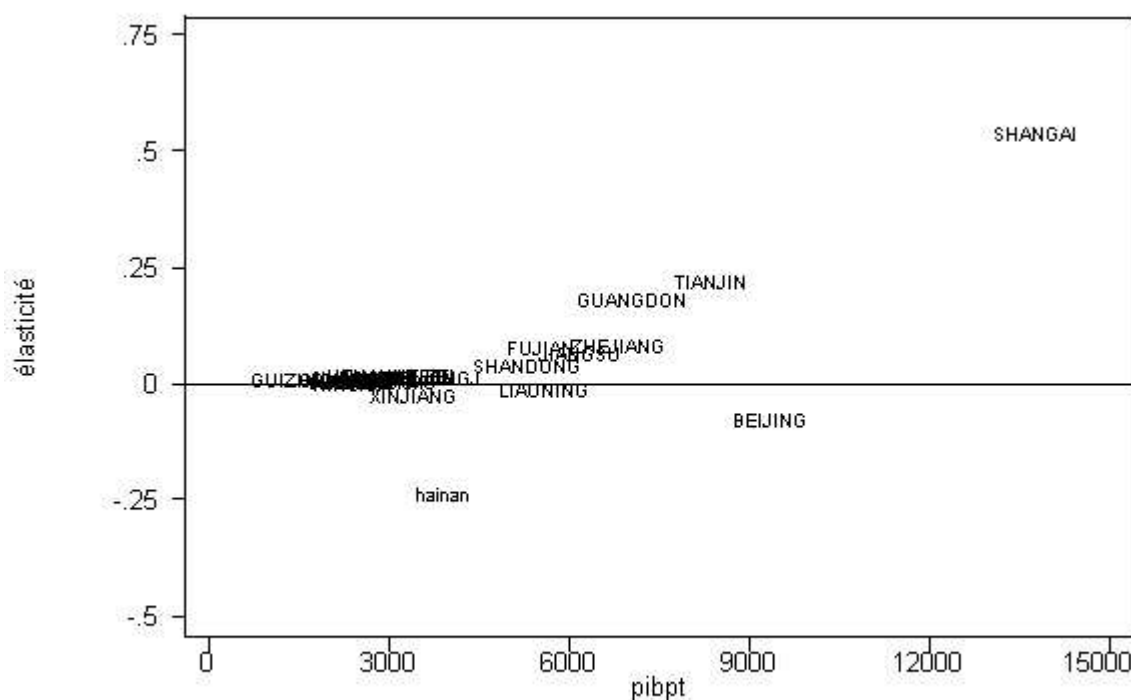
Les résultats contre-intuitifs du Graphique 5.7 nous montrent, en un certain sens, l'incapacité de l'analyse sur l'élasticité à nous révéler comment le ratio capital/travail et le PIB par tête pouvant déterminer le rôle de commerce sur l'émission. En effet, en calculant l'élasticité de l'émission par rapport au commerce, nous nous sommes toujours basés sur l'hypothèse de « toutes choses égales par ailleurs ». Par conséquent, décrire une simple corrélation entre ces élasticités et l'un de ses déterminants ignorera toujours l'impact de l'autre déterminant.

Pour clarifier un peu plus la relation entre l'émission industrielle de SO_2 et le commerce international, nous calculons la dérivée de l'émission industrielle de SO_2 par rapport au commerce international à partir des résultats de l'estimation en effet fixe du modèle (4) du Tableau 5.1 et du modèle (5) du Tableau 5.2. Nous pouvons ainsi obtenir une dérivée du commerce dont la valeur dépend à son tour de la valeur réelle du PIBPT et de K/L. Ensuite, nous pouvons tracer, comme dans le Graphique 5.8, les courbes décrivant l'ensemble des combinaisons possibles du ratio K/L et du PIBPT, qui assurent à la dérivée une valeur de zéro dans un diagramme PIBPT-K/L. À partir de cette courbe, le diagramme peut être divisé en deux parties : dans une partie l'augmentation de l'intensité du commerce mène à une augmentation de l'émission et dans l'autre partie, ce sera l'inverse. En situant les 29 provinces dans ce diagramme selon les statistiques moyennes de l'échantillon, nous pouvons de cette manière avoir une rapide idée du rôle réel joué par le commerce international sur l'émission de SO_2 pour chaque province, étant donné ses caractéristiques économiques. Nous pouvons également obtenir quelques indications sur la façon dont le rôle du commerce peut être amélioré par des ajustements sur les deux caractéristiques économiques.

Graphique 5.7.a. Corrélation entre élasticités de l'émission par rapport au commerce spécifiques et PIBPT (modèle (4,FE), Tableau 5.1 et model (5,FE), Tableau 5.2)

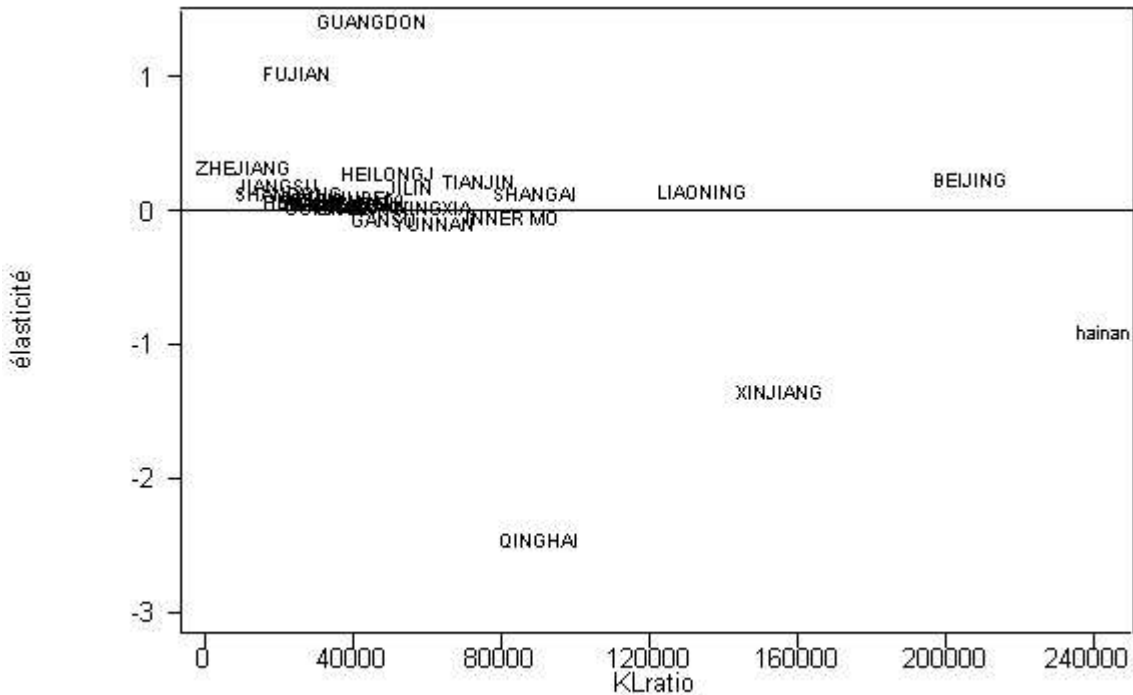


PIBPT-Élasticité du la densité de l'émission par rapport au commerce

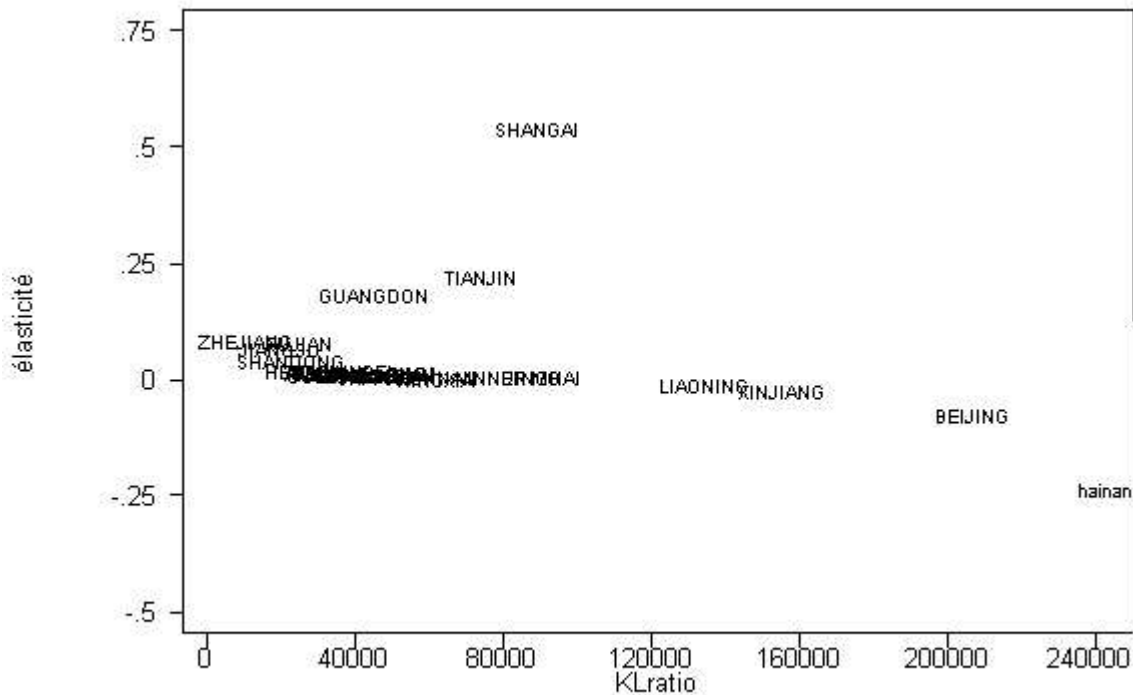


PIBPT-élasticité l'émission totale par rapport au commerce

Graphique 5.7.b. Corrélation entre élasticités de l'émission par rapport au commerce spécifiques et K/L (modèle (4,FE), Tableau 5.1 et modèle (5,FE), Tableau 5.2)

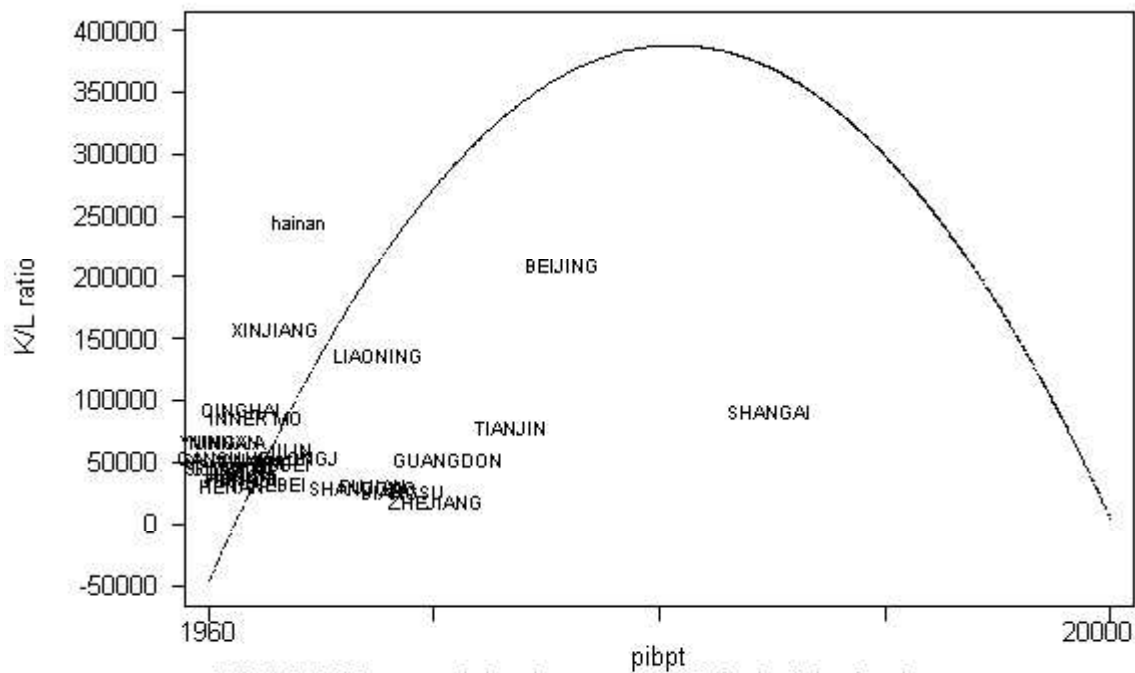


K/L-Elasticité de la densité de l'émission par rapport au commerce

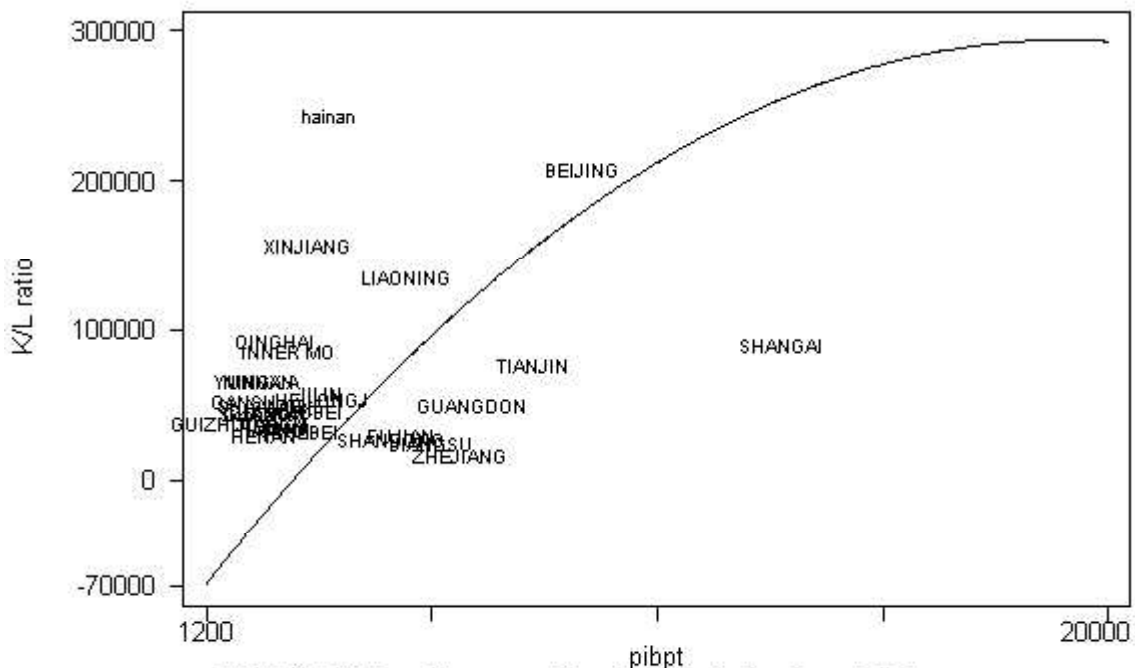


K/L-élasticité de l'émission totale par rapport au commerce

Graphique 5.8. Evolution de la relation entre l'émission industrielle de SO₂ et ses déterminants (modèle (4,FE), Tableau 5.1 et model (5,FE), Tableau 5.2)



PIBPT-K/L combinaison: densité de l'émission



PIBPT-K/L ratio combinaison: émission totale

La partie haute du Graphique 5.8 décrit la courbe qui assure que les dérivées de la densité industrielle d'émission de SO₂ par rapport à l'intensité du commerce sont égales à zéro. La partie basse dépeint la même relation pour l'émission industrielle totale de SO₂. Pour les deux indicateurs de l'émission, les combinaisons entre le PIB par tête et le ratio

capital/travail qui permettent à leurs dérivées par rapport à l'intensité commerciale d'être égales à zéro sont en forme des courbes en U inversé. La courbe en U inversé trouvée pour la densité industrielle d'émission de SO₂ est cependant relativement plus petite que celle de l'émission totale. Ces courbes divisent le diagramme en deux parties. Si les provinces se situent dans la partie au-dessus de cette courbe en U inversé, une augmentation de l'intensité de commerce conduira à une réduction de l'émission, alors qu'en dessous de cette courbe, ce sera l'inverse.

En comparant la localisation des 29 provinces par rapport à ces courbes dans les deux parties du graphique, nous pouvons observer une bonne cohérence des Graphiques 5.7 et 5.8. Etant données les combinaisons de leur PIB par tête et de leur ratio capital/travail, on remarque que la plupart des provinces font toujours face à une dérivée positive de l'émission par rapport à l'intensité commerciale. Pour que ces provinces puissent réaliser un processus d'ouverture qui soit favorable à l'environnement (c'est à dire être à l'extérieur de la courbe en U inversé), il faudra que leur croissance économique soit accompagnée d'une accumulation en capital encore plus rapide, notamment pour les provinces se situant sous la partie croissante de la courbe.

Cependant, cette condition de combinaison entre PIBPT et K/L révélée par la courbe de division en U inversé du Graphique 5.8 est ici clairement contradictoire avec l'hypothèse originale de ACT (2001). En effet, pour réduire les impacts négatifs du commerce, au lieu de demander à une province à faible revenu, qui a la possibilité de devenir un « havre de pollution », de réduire son niveau de ratio capital/travail, le Graphique 5.8 demande en effet à cette province de l'augmenter. Ceci nous rappelle une fois de plus notre découverte spécifique au cas de la Chine, où le ratio capital/travail, mesuré au niveau de l'économie industrielle, est probablement un indicateur positif pour l'environnement. Bien que les industries lourdes polluantes utilisent généralement le capital de façon plus intensive dans leur production que les industries légères moins polluantes, pour les entreprises de la même industrie ou dans certaine gamme du valeur de ratio K/L, une augmentation du ratio capital/travail peut aussi signifier un renforcement de l'efficacité technique, qui ensuite réduit la pollution. Cette explication peut correspondre au cas décrit par le Graphique 5.8, où l'augmentation du ratio capital/travail serait d'abord un facteur technique qui contrebalancerait l'impact du « havre de pollution » dans les provinces pauvres avant de devenir un facteur de composition qui accroîtrait le problème de la pollution quand sa valeur serait devenue assez grande.

5.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'abord employé la frontière de production et les analyses nécessaires à la décomposition pour illustrer graphiquement l'idée théorique de ACT (2001), qui suppose que l'impact du commerce sur la pollution d'une économie dépend de l'interaction entre son avantage comparatif basé sur sa dotation en facteurs et celui basé sur son niveau de revenu relatif par rapport à son partenaire commercial. Comme Cole et Elliott (2003), nous convenons finalement que l'analyse théorique de ACT (2001) peut être considérée comme une explication de l'impact du commerce sur l'émission à travers l'effet de composition.

En se basant sur la même fonction d'estimation que ACT (2001), nous étudions le rôle de l'intensité du commerce international $((X+M)/\text{PIB})$ dans la détermination de l'émission industrielle de SO_2 (densité et volume total) en Chine en utilisant les données de panel de ses 29 provinces entre 1992 et 2003. Nos principaux résultats confirment l'analyse théorique de ACT (2001). Nous trouvons qu'en dehors de son impact direct sensiblement négatif, le commerce exerce aussi un effet indirect sur l'émission à travers l'effet de composition. Cet impact indirect dépend du ratio capital/travail et du niveau de revenu de la province. Bien que nous ayons fourni la preuve de certains éléments en faveur de l'hypothèse du « havre de pollution », la riche dotation en main-d'œuvre de la Chine semble ici jouer un rôle favorable à l'environnement. De la même façon que ACT (1998, 2001) et Cole et Elliott (2003), nous trouvons que les valeurs calculées de l'élasticité commerciale sont relativement faibles et qu'elles indiquent un rôle marginal du commerce international dans la détermination de l'émission industrielle de SO_2 en Chine.

Tout comme ACT (2001) incluent dans leur fonction d'estimation des termes d'interaction entre certains déterminants, pour chaque province, le signe et l'importance de la relation entre le commerce et l'émission industrielle de SO_2 à un instant donné dépendent aussi de la valeur des autres variables économiques qui apparaissent dans les termes d'interaction. Par conséquent dans la dernière étape de cette section, nous avons graphiquement illustré comment la relation entre l'émission et le commerce (définie comme la dérivée de l'émission par rapport au commerce) est fonction de la valeur et de la combinaison du PIB par tête et du ratio capital/travail. Nous constatons pour la plupart des provinces qu'un impact négatif du commerce sur l'environnement est dû à un ratio capital/travail relativement trop bas par rapport au niveau de revenu par tête. Pour changer la situation, ces provinces devraient accompagner leur croissance économique d'une accumulation de capital encore plus rapide, ce qui permettrait d'obtenir une technologie plus efficace de réduction de pollution.

Annexe 5.1. Estimation du modèle structurel — Le rôle du commerce sur l'environnement (termes d'interaction du ratio relatif K/L et du revenu par tête relatif avec l'intensité commerciale)

Tableau A.5.1.1. Modèle structurel ACT (1998) : les impacts environnementaux du commerce
(Variable dépendante: densité de l'émission industrielle de SO_2 , les variables indépendantes K/L relatif et PIB par tête relatif sont introduites dans les termes interactifs avec l'intensité commerciale)

	Modèle (1)	Modèle (2)	Modèle (3)	Modèle (4)
	EF	EF	EF	EF
GDPPC (1/1000)	-0,165 (1,32)	-0,438 (2,64)***	-0,429 (2,36)**	-0,431 (2,53)**
City×GDPPC	2,308 (2,68)***	2,764 (2,57)**		
City×GDPPC²	-0,136 (2,72)***	-0,160 (2,41)**		
K.L (1/10000)	-0,143 (6,24)***	-0,114 (4,68)***	-0,096 (3,31)***	-0,097 (3,72)***
Scale	1,391 (3,67)***	1,268 (2,98)***	1,079 (2,59)***	1,084 (2,73)***
Open	0,003 (0,24)	-0,002 (0,07)	-0,051 (1,82)*	-0,051 (1,87)*
Open×R.K/L		-0,060 (0,68)	-0,037 (0,40)	-0,041 (1,50)
Open×(R.K/L)²		-0,025 (0,25)	-0,006 (0,05)	
Open×R.GDPPC		0,013 (0,24)	0,125 (2,63)***	0,126 (2,62)***
Open×R.GDPPC²		0,009 (0,33)	-0,041 (1,83)*	-0,041 (1,83)*
Trend	0,207 (5,71)***	0,246 (5,43)***	0,213 (4,50)***	0,213 (5,35)***
Popden	-0,034 (5,53)***	-0,034 (5,30)***	-0,034 (4,96)***	-0,034 (5,10)***
R carrée	0,62	0,64	0,61	0,61
F test	26,82	24,28	23,13	24,43
Trade F test		4,45		
AR(1)	2,07	2,19	2,13	2,13
Breuch-pagan	111,86 (0,000)	112,95 (0,000)	96,91 (0,000)	129,97 (0,000)
Hausman	1441,16 (0,000)	51,88 (0,000)	1214,05 (0,000)	1396,01 (0,000)
Nb. observations	348	348	348	348
Nb. groupes	29	29	29	29

Nous ne rapportons pas les résultats de AB car son instrumentation n'est pas suffisamment efficace.

R.KL signifie l'abondance du ratio capital relatif par rapport au niveau moyen mondial et R.GDPPC représente le PIB par tête relatif par rapport au niveau moyen mondial. Les données sur le K/L et le PIBPT moyens au niveau mondial pour chaque année sont compilées par l'auteur selon le World Development Indicator (2004). Le tableau suivant est la description statistique de ces données.

Variable	Obs	Moyenne	Dev. Std.	Min	Max
rklind	348	0,182	0,164	0,018	0,786
rgd	348	0,630	0,425	0,154	2,622

Tableau A.5.1.2. Modèle structurel ACT (1998) : impacts environnementaux du commerce*(Variable dépendante : l'émission industrielle totale de SO₂, les variables indépendantes : K/L relatif et PIB par tête relatif sont introduites dans les termes interactifs avec l'intensité commerciale)*

	Modèle (1)		Modèle (2)		Modèle (3)		Modèle (4)		Modèle (5)	
	EA	EF, AD(1,0)	EA	EF, AD(1,0)	EA	EF, AD(1,0)	EA	EF, AD(1,0)	EA	EF, AD(1,0)
GDPPC (1/1000)	239,442 (2,97)***	254,357 (1,97)**	236,439 (2,92)***	245,518 (2,11)**	-13,273 (0,87)	-13,275 (0,83)	-21,246 (1,59)	-20,628 (1,63) ^o	-18,113 (1,37)	-22,348 (1,78)*
GDPPC² (1/1000)²	-36,158 (3,14)***	-39,088 (2,44)**	-32,504 (2,71)***	-33,935 (2,36)**						
GDPPC³ (1/1000)³	1,930 (3,18)***	2,103 (2,80)***	1,451 (2,23)**	1,578 (2,35)**						
CityxGDPPC	-189,606 (2,52)**	-176,597 (1,69) ^o	-227,760 (2,92)***	-302,642 (2,78)***	-12,117 (1,06)	-13,911 (1,18)				
CityxGDPPC²	34,112 (3,03)***	33,843 (2,27)**	36,178 (3,18)***	42,736 (3,01)***						
CityxGDPPC³	-1,971 (3,32)***	-2,019 (2,79)***	-1,833 (3,08)***	-2,044 (3,19)***						
K.L (1/10000)	-15,731 (4,26)***	-8,764 (2,05)**	-16,405 (4,03)***	-4,522 (0,86)	-20,314 (5,16)***	-14,643 (3,22)***	-21,078 (5,48)***	-14,593 (3,53)***	-19,459 (5,26)***	-16,237 (4,59)***
Scale	19,367 (1,32)	11,445 (1,15)	13,970 (0,88)	2,992 (0,26)	5,470 (0,35)	-11,970 (0,94)	4,821 (0,30)	-14,959 (1,17)	-1,432 (0,09)	-13,663 (1,20)
Open	-0,660 (0,72)	-0,577 (0,90)	0,347 (0,15)	0,404 (0,19)	-1,462 (0,85)	-1,282 (0,98)	-1,373 (0,80)	-1,608 (1,25)	-1,886 (1,12)	-1,822 (1,28)
OpenxR.K/L			-10,109 (1,52)	-2,474 (0,64)	-9,848 (1,52)	-4,835 (1,05)	-11,527 (1,84)*	-3,704 (0,82)	-3,059 (1,10)	-2,451 (1,20)
Openx(R.K/L)²			9,853 (1,18)	0,359 (0,08)	11,222 (1,36)	4,833 (0,88)	12,322 (1,51)	3,799 (0,65)		
OpenxR.GDPPC			-1,163 (0,27)	-2,097 (0,49)	3,877 (1,66)	2,270 (1,02)	4,462 (1,97)**	2,725 (1,36)	4,079 (1,80)*	3,431 (1,76)*
OpenxR.GDPPC²			1,909 (0,99)	1,959 (1,03)	-0,812 (0,89)	-0,015 (0,02)	-1,025 (1,15)	-0,205 (0,29)	-0,902 (1,02)	-0,424 (0,61)
trend	2,743 (0,32)	1,974 (0,15)	1,985 (0,23)	-2,055 (0,16)	25,595 (5,32)***	26,739 (4,75)***	27,939 (6,54)***	28,368 (6,04)***	26,374 (6,35)***	29,728 (6,71)***
so2_{t-1}		0,186 (2,29)**		0,303 (3,45)***		0,078 (1,07)		0,113 (1,89)*		0,009 (0,18)
Constante	204,999 (1,64) ^o		220,365 (1,74)*		559,272 (7,89)***		568,485 (7,64)***		559,086 (7,64)***	

Tableau A.5.1.2 (suite) Modèle structurel ACT (1998): impacts environnementaux du commerce

R carrée	0,23	0,37	0,22	0,41	0,21	0,35	0,19	0,35	0,19	0,34
F test		8,05		7,85		7,75		7,74		7,87
Trade-related F test			12,30 (0,000)	2,34 (0,04)						
AR (1)		1,17		1,36		1,16		1,18		1,16
Breush-Pagan	1561,19 (0,000)		1383,21 (0,000)		1374,41 (0,000)		1565,77 (0,000)		1556,14 (0,000)	
Hausman	1,69 (1,000)		4,92 (1,000)		3,88 (1,000)		1,66 (1,000)		1,76 (1,000)	
Nb. observations	348	319	348	319	348	319	348	319	348	319
Nb. groupes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29

R.KL signifie l'abondance du ratio capital relatif par rapport au niveau moyen mondial et R.GDPPC représente le PIB par tête relatif par rapport au niveau moyen mondial. Les données sur le K/L et le PIBPT moyen au niveau mondial pour chaque année sont compilées par l'auteur selon le World Development Indicator (2004).

Chapitre 6. Impact du commerce international sur l'environnement à travers les effets d'échelle, de composition et de technique : une analyse basée sur la décomposition de Divisia

Le modèle de Antweiler, Copeland et Taylor (2001) indique seulement le rôle potentiel que peut exercer le commerce international sur l'environnement par l'effet de composition. Cependant, diverses théories indiquent d'autres canaux par lesquels le commerce peut agir sur l'environnement. A côté de l'effet bénéfique direct d'un élargissement de l'échelle de production dû à une demande agrandie par le marché mondial, certaines théories de la croissance économique indiquent aussi les effets d'externalités positives et de diffusion des technologies qui sont liés au commerce, souvent appelés « l'effet spillover » (Feder, 1983 ; de Melo et Robinson, 1990 et Rodrigo et Thorbecke, 1997). Le commerce peut également affecter l'effet de technique. L'hypothèse de Porter (Porter et Linde, 1995 ; Xepapadeas et Zeeuw, 1998) postule qu'à long terme, participer au commerce international peut encourager les producteurs domestiques des pays en voie de développement à mettre à jour et à innover leurs technologies de production, et ainsi à réduire la pollution.¹ Copeland et Taylor (2003) indiquent également l'endogénéité potentielle de ces trois déterminants de l'émission -- effets d'échelle, de composition et de technique -- avec le commerce international et donc la nécessité de vérifier la relation entre commerce et environnement à partir d'un modèle d'équilibre général.

En suivant ces considérations, nous allons pouvoir, dans ce chapitre étudier plus en profondeur la relation entre le commerce et l'environnement. Afin d'expliquer comment la libéralisation du commerce peut changer les effets d'échelle et de technique et comment ces changements d'effets peuvent rejoindre l'effet de composition pour finalement modifier l'émission totale de SO₂, nous allons tout d'abord procéder à une illustration graphique. Puis,

¹ L'impact du commerce international sur l'environnement via l'effet de technique peut être expliqué à la fois du côté de l'offre et de la demande. Du côté de l'offre, le commerce international facilite l'accès aux technologies avancées pour les producteurs des pays en voie de développement, et du côté de la demande, la concurrence accrue les pousse à adopter et à améliorer ces technologies pour renforcer leur productivité et garder leurs parts de marché.

en utilisant les résultats du Chapitre 4 sur la décomposition de l'indice de Divisia, nous vérifierons si la causalité entre l'intensité commerciale et l'émission - décomposée en contribution des effets d'échelle, de composition et de technique - est cohérente avec nos hypothèses.

6.1. Illustration graphique de l'impact du commerce sur les effets d'échelle et de technique

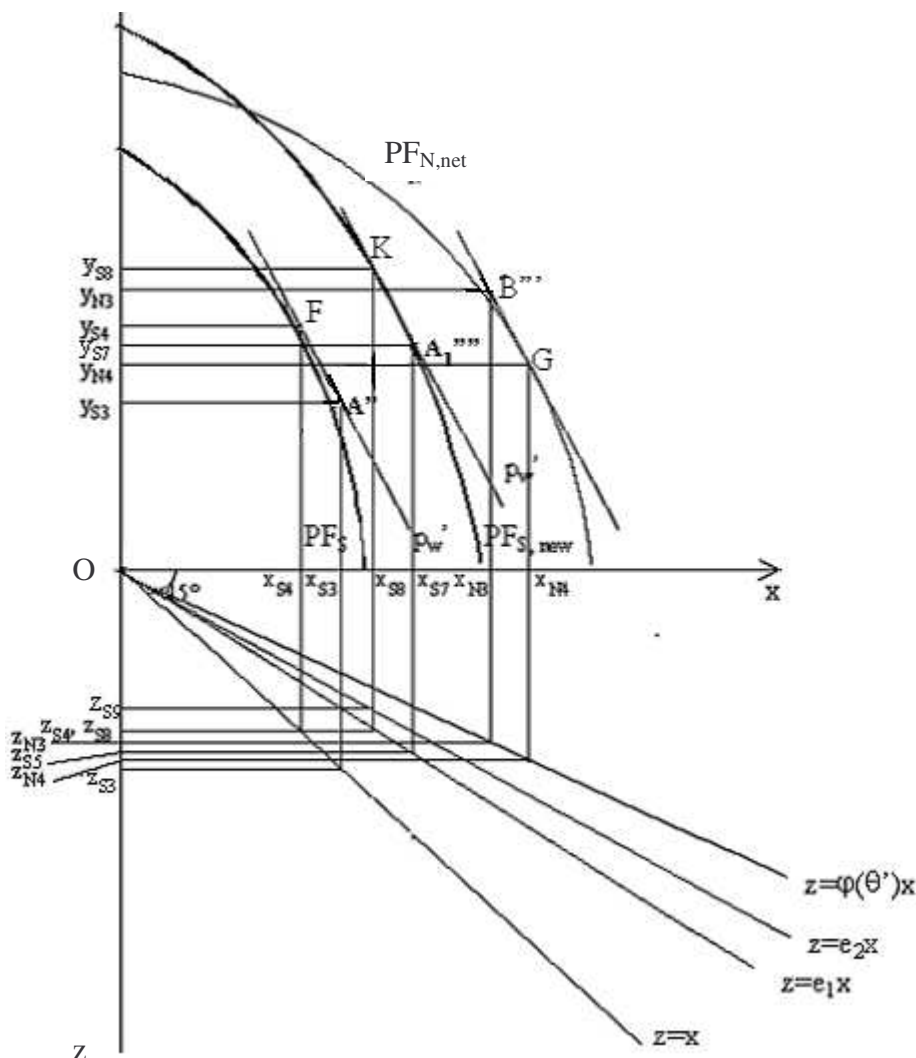
Dans ce chapitre, l'illustration graphique suit la même idée que dans la Section 5.4.1 du Chapitre 5. Par conséquent, le monde se compose toujours de deux régions Nord et Sud. Chaque région se compose de nombreux pays identiques ayant les mêmes préférences et technologies. Les deux régions produisent deux biens x et y , où x est plus polluant et plus intensif en capital que y .

Comme dans le Graphique 5.4, nous supposons que l'avantage comparatif du « havre de pollution » dans le Sud n'est pas assez grand pour renverser l'avantage comparatif de la dotation en facteurs. Par conséquent, le Sud est toujours exportateur du bien propre y . De plus, nous supposons que le commerce international peut agrandir l'échelle de production du Sud grâce à la diffusion positive des technologies avancées et au renforcement de la concurrence. Pour une dotation inchangée de facteurs, ceci peut être représenté par une expansion vers l'extérieur de la frontière de production. Par conséquent, nous obtenons le nouveau Graphique 6.1, dans lequel la nouvelle frontière de production du Sud issue de l'ouverture au commerce est représentée par $PF_{S,new}$. En supposant que la participation à la concurrence du marché mondial produise un effet positif de diffusion qui soit réparti de façon égale dans toute l'économie du Sud, nous pouvons tracer $PF_{S,new}$ comme une courbe parallèle et élargie de PF_S .

Que se passe-t-il dans une telle circonstance ? Étant donné que la frontière de production du Sud est agrandie de façon proportionnelle, nous supposons que la croissance du revenu due à cette augmentation de la productivité va aussi mener à une augmentation proportionnelle de la consommation des deux biens dans le Sud. Comme le modèle de production dans le Sud est davantage spécialisé dans l'industrie de y , nous nous attendons à ce que cette diffusion positive issue du commerce conduise à son tour à une augmentation du prix relatif de x sur le marché mondial. Cependant, étant donné que x et y sont des biens normaux, cette augmentation relative des prix devrait être très petite. Pour se concentrer sur les changements plus importants de pollution venant de la production, nous allons ici ignorer ce léger

changement de consommation issu de la variation des prix.¹ Ainsi, nous faisons l'hypothèse que le prix du marché mondial reste p_w' , que le Nord produit toujours G et consomme B'' (Cf. Graphique 5.4), alors que le Sud produit désormais K et consomme A_1'''''. Comme les conditions de production et le prix mondial restent inchangés dans les deux régions, le Nord va continuer à importer la quantité $(y_{N3}-y_{N4})$ de y et à exporter la quantité $(x_{N4}-x_{N3})$ de x. Par conséquent, le Sud continue lui aussi à exporter la quantité $(y_{S8}-y_{S7})$ de y et à importer la quantité $(x_{S7}-x_{S8})$ de x. Nous avons ainsi $(y_{S8}-y_{S7})=(y_{S4}-y_{S3})=(y_{N3}-y_{N4})$ et $(x_{S7}-x_{S8})=(x_{S3}-x_{S4})=(x_{N4}-x_{N3})$.

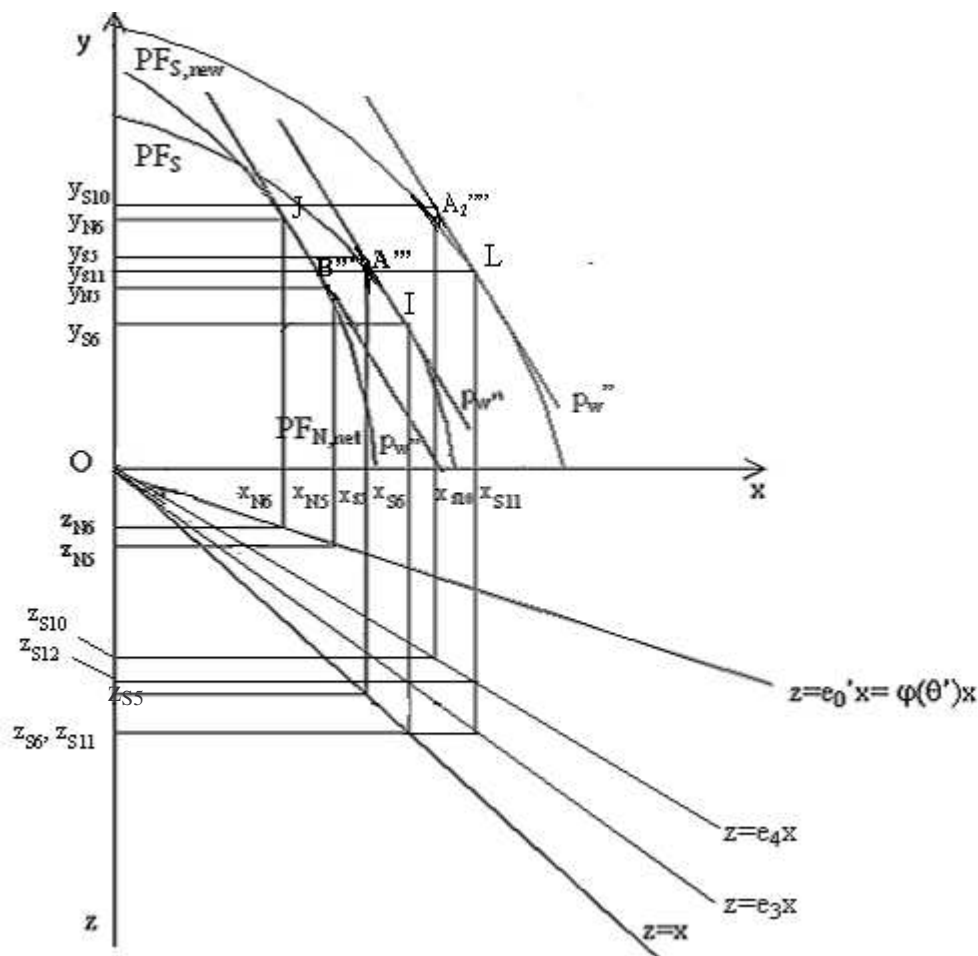
Graphique 6.1. Changement des conditions de production sous libéralisation commerciale : l'avantage comparatif basé sur la dotation en facteurs domine le « havre de pollution » - Le Sud bénéficie des progrès techniques dans les activités de production et de réduction de la pollution



¹ De plus, dans l'hypothèse d'un petit pays, si la diffusion positive n'a lieu que dans les pays du Sud, ils ne seront pas capables de changer les prix mondiaux. Ainsi, notre hypothèse simplificatrice apporte-t-elle un peu plus de crédibilité à notre modèle.

Quel est dans ce cas la nouvelle situation de l'émission ? Avec la croissance du revenu au Sud, nous nous attendons à ce que la demande publique pour un meilleur environnement se renforce. Dans le même temps, comme la plus grande quantité de marchandises produites par le Sud l'est à partir de la même quantité d'intrants qu'avant, et si l'on suit l'hypothèse que l'émission est directement liée à l'utilisation des intrants, nous pouvons nous attendre à une quantité d'émission inchangée et donc à une réduction de l'intensité d'émission dans le Sud. Par conséquent, à la fois la demande (augmentation de la demande publique) et l'offre (augmentation de l'efficacité de la production) fournissent les conditions d'une baisse de l'intensité de la pollution dans le Sud. Dans la partie basse du Graphique 6.1, nous présentons la nouvelle droite de production de l'émission par $z=e_1x$, où $e_1 < 1$, ce qui donne $z_{S4}=z_{S8}=x_{S4}=e_1x_{S8}$, avec $e_1=x_{S4}/x_{S8}$. De plus, selon l'hypothèse de Porter, les producteurs du Sud faisant face à une concurrence accrue vont réaliser de nouveaux progrès techniques, ce qui devrait conduire à une baisse supplémentaire de l'intensité de l'émission, soit sur le Graphique 6.1, $z_{S9}=e_2x_{S8}$, avec $0 < e_2 < e_1 < 1$ et $z_{S9} < z_{S8}$.

Graphique 6.2. Changement des conditions de production sous libéralisation commerciale : l'avantage comparatif basé sur la dotation en facteurs est dominé par le « havre de pollution » - Le Sud bénéficie des progrès techniques dans les activités de production et de réduction de la pollution



Parallèlement au Graphique 6.1, nous représentons les changements dans les conditions de production et de consommation ainsi que l'évolution correspondante de la pollution pour le cas où l'effet du « havre de pollution » domine l'avantage comparatif de la dotation en facteurs dans le Graphique 6.2. Le Sud devient exportateur de biens polluants x , mais l'élargissement de l'échelle de production et les progrès techniques issus du commerce aident à réduire le fardeau de pollution déchargé par le Nord et conduit donc à faire baisser la pollution mondiale. Sur le Graphique 6.2 on peut ainsi voir que bien que la production de x soit plus élevée dans le Sud après l'introduction de l'impact du commerce sur l'échelle et la technique ($x_{S11} > x_{S6}$), au final la situation de la pollution s'améliore car il y a eu une augmentation de l'efficacité globale de production et des activités de réduction de la pollution. Par conséquent, la pollution finale z_{S12} est plus faible que dans le Graphique 5.4 (z_{S6}).

Bien que l'illustration graphique aide à expliquer d'une manière très simple l'impact du commerce international sur la pollution par trois canaux différents, nous devons garder à l'esprit les quelques points suivants avant de tirer des conclusions de ces analyses graphiques. Premièrement, pour une raison de simplification nous avons supposé que le commerce agrandissait l'échelle de production des pays du Sud de façon uniforme. Pourtant, de Melo et Robinson (1990) indiquent que les secteurs orientés vers l'exportation peuvent pouvoir bénéficier plus fortement de l'effet positif de diffusion car le renforcement de la concurrence agit plus directement sur ces secteurs. D'après leur raisonnement, $PF_{S,new}$ devrait montrer un étirement non uniforme de l'échelle de production. Dans ce cas, le prix relatif du monde va changer d'une manière plus importante, ce qui va rendre nos analyses plus difficiles. Cependant, selon l'analyse graphique du Chapitre 5, nous pensons que les changements de production et de consommation issus du changement de la structure de prix sont généralement petits et que cette simplification ne devrait pas affecter la capacité de notre analyse à refléter la réalité.

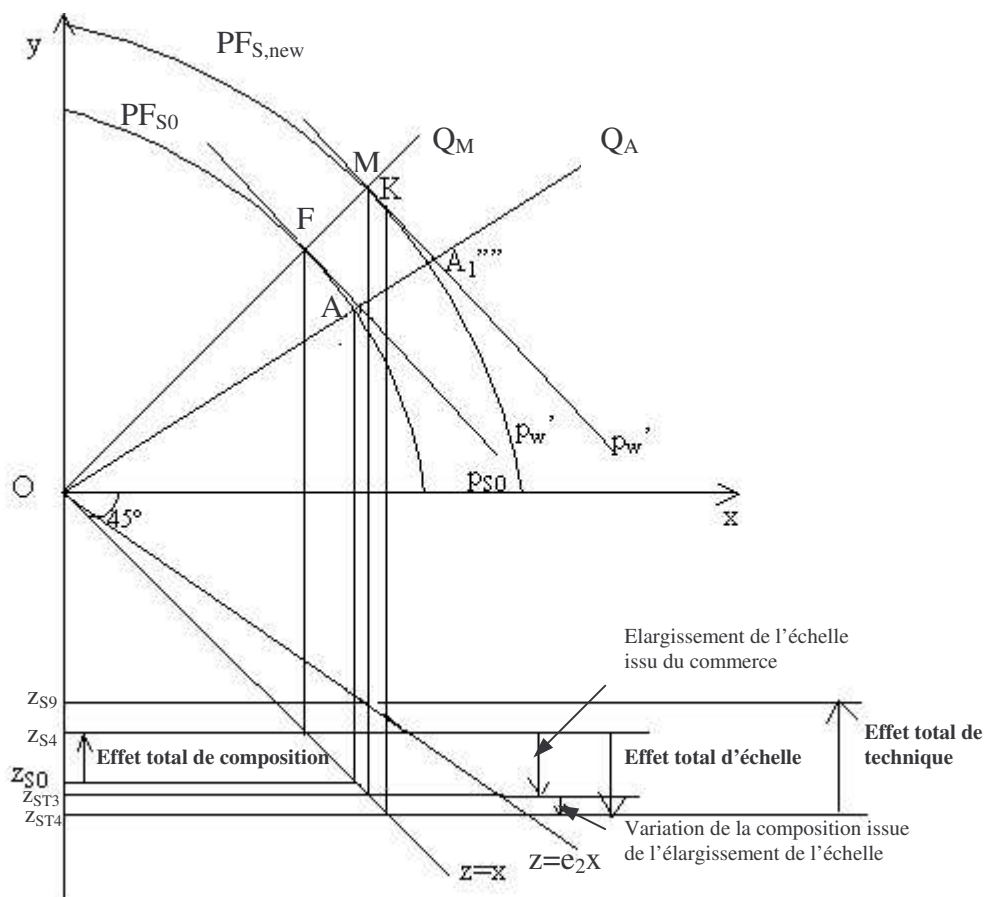
Deuxièmement, pour la relation entre la production et l'émission, nous faisons l'hypothèse simple que l'émission est directement liée à l'utilisation des intrants (ACT, 2003). Cependant, ce modèle simple de production à deux facteurs néglige toutes les autres sources d'émission telles que les intrants intermédiaires d'énergie. Ainsi, si le progrès technique permet au Sud de produire plus avec la même quantité de capital et de travail, il est par contre difficile de croire que les intrants intermédiaires tels que l'énergie puisse être réduite de la même manière. En prenant en compte ce dernier élément, on devrait donc trouver une baisse

de l'émission moins que proportionnelle à l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des facteurs comme le capital et le travail.

Finalement, une autre implication de l'analyse graphique est que la consommation des deux biens normaux x et y est linéairement corrélée avec le niveau de revenu. En réalité, l'utilité marginale obtenue à partir de la consommation de biens normaux diminue généralement avec le revenu et la quantité consommée. D'ailleurs, il n'y a aucune garantie que l'évolution de l'utilité marginale soit la même entre x et y , comme nous l'avons supposé dans le modèle. Par conséquent, si de telles caractéristiques de l'utilité marginale étaient permises dans notre analyse, nous devrions nous attendre à des changements bien plus compliqués de production, de consommation et de prix.

L'analyse de la décomposition correspond aux deux cas de libéralisation commerciale sont illustrés par les Graphiques 6.3 et 6.4.

Graphique 6.3 Changement dans la production et la pollution sous libéralisation commerciale (décomposition) : l'AC basé sur la dotation en facteurs domine le « havre de pollution », le Sud bénéficie des progrès techniques dans les activités de production et de réduction de la pollution



Note : L'effet total de composition issu du commerce inclut ici l'effet d'échelle et de composition que nous avons décomposé dans le Graphique 5.4bis. Comme la variation du prix relatif par rapport à l'effet d'échelle est relativement faible, nous incluons celui-ci dans l'effet total de composition issu du commerce. La même définition est utilisée pour l'effet total d'échelle.

Regardons d'abord le cas où l'avantage comparatif de la dotation en facteurs domine l'hypothèse du « havre de pollution » (Graphique 6.3). Pour montrer le changement de pollution relatif au commerce que nous avons déjà analysé et décomposé dans le Chapitre 5, nous utilisons l'effet total de composition issu du commerce pour le signifier.¹ La variation de l'émission ($z_{S4}-z_{S0}$) relative au changement total des conditions de production ($A \rightarrow F$) est ainsi maintenant appelée l'effet total de composition. L'élargissement de l'échelle dû au commerce ($F \rightarrow K$), peut à son tour être décomposé en un élargissement total d'échelle ($F \rightarrow M$) et en une faible transformation de la composition ($M \rightarrow K$), dont les variations de pollution sont respectivement ($z_{S4} \rightarrow z_{ST3}$) et ($z_{ST3} \rightarrow z_{ST4}$).² Considérant que cette transformation de la composition est aussi causée par l'élargissement de l'échelle de production, nous l'incluons pour une raison de simplification dans l'effet total d'échelle relatif au commerce, ce qui conduit à une augmentation de l'émission de z_{S4} à z_{ST4} . Finalement, en raison des progrès techniques réalisés dans les activités de réduction de la pollution, la droite représentant la relation entre la production et l'émission $z=x$ va pivoter dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour donner $z=e_2x$, réduisant ainsi l'intensité de l'émission pour une unité de produit. L'effet de technique relatif au commerce permet ainsi de réduire la pollution de z_{ST4} à z_{S9} . Par conséquent, si la dotation des pays du Sud en facteur travail détermine leur avantage comparatif, l'émission totale devrait baisser de z_{S0} à z_{S9} . Cette réduction totale peut ainsi être décomposée en trois parties : élargissement de l'échelle de production ($z_{S0} \rightarrow z_{S4}$), changement de la composition ($z_{S4} \rightarrow z_{ST4}$) et progrès technique ($z_{ST4} \rightarrow z_{S9}$), avec une réduction de la pollution due aux effets de composition et de technique qui annule totalement l'augmentation liée à l'élargissement de l'échelle de production.

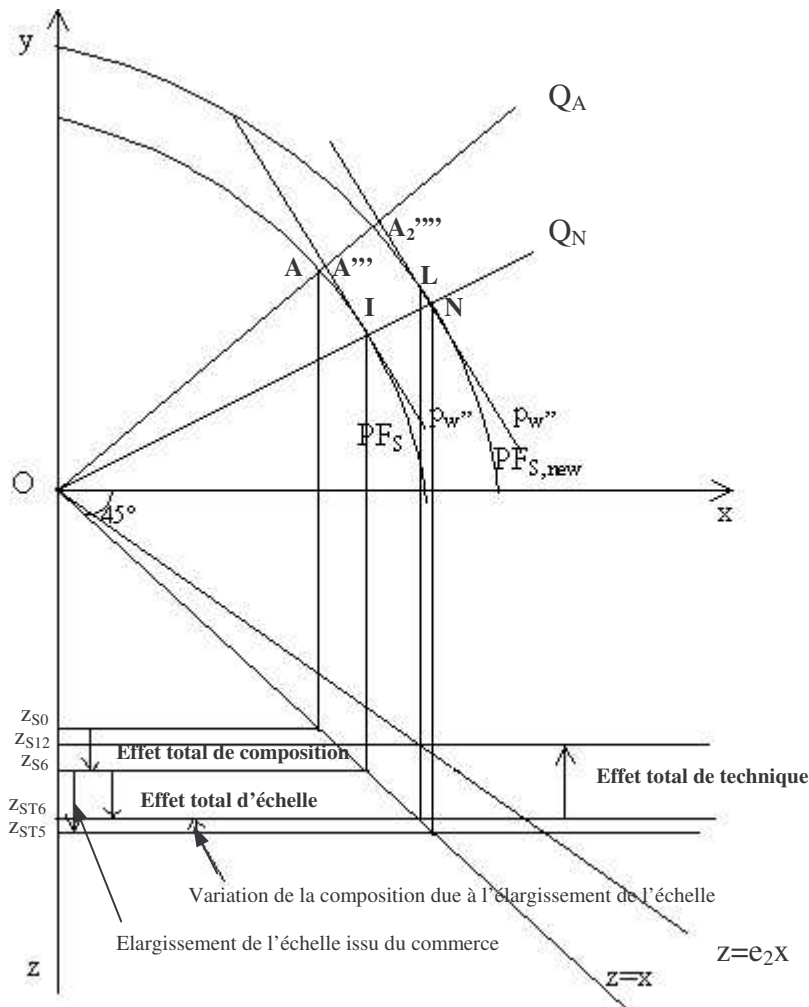
Le Graphique 6.4 donne les résultats de la décomposition pour le cas où l'hypothèse du « havre de pollution » domine l'avantage comparatif de dotation en facteurs. Sans trop entrer dans les détails, nous trouvons que quand l'hypothèse du « havre de pollution » détermine la spécialisation internationale de la production, le Sud augmente son émission de z_{S0} à z_{S12} . L'augmentation de l'émission ici décomposée en trois effets nous permet de voir que la

¹ En faisant cela, nous incluons les petites variations de pollution causées par les changements d'effet d'échelle induits par la variation des prix (c.f. Graphique 5.4bis)

² Le faible transformation de la composition du point M à K peut être expliquée par les trois hypothèses implicites de notre analyse. Étant donné que le renforcement de la productivité du Sud est supposé agir de manière uniforme sur les deux secteurs, la production de x et y devrait donc s'accroître proportionnellement. Comme la structure de production du Sud est à l'origine dominée par y , le secteur y connaît une plus forte expansion dans ce cas. Cependant, étant donné que nous supposons également que le renforcement de l'efficacité au Sud n'entraîne pas de variations du prix relatif de x sur le marché mondial et que la structure de consommation face à l'augmentation de revenu reste stable, pour garder la même quantité d'exportation de y et d'importation de x avec le Nord, la composition de la production devrait ainsi se réajuster. C'est pour cette raison que nous observons un ajustement de structure de production de M à K ; Un changement de structure de production liée à l'élargissement de l'échelle de la production.

réduction de pollution issue de l'effet de technique n'est pas assez grande pour annuler toute l'augmentation de pollution engendrée par les effets d'échelle et de composition.¹

Graphique 6.4 Changement dans la production et la pollution sous libéralisation commerciale (décomposition) : l'AC basé sur la dotation en facteurs est dominé par le « havre de pollution », le Sud bénéficie des progrès techniques dans les activités de production et de réduction de la pollution



Note : L'effet total de composition issu du commerce inclut ici l'effet d'échelle et de composition que nous avons décomposé dans le Graphique 5.4bis. La même définition est utilisée pour l'effet total d'échelle.

6.2. Impacts de l'ouverture au commerce sur les effets d'échelle, de composition et de technique: une analyse empirique basée sur les résultats de la décomposition de Divisia

Dans le Chapitre 4, avec l'aide des données détaillées du PIB industriel et des émissions pour chaque province, nous avons réussi à décomposer les variations de l'émission industrielle

¹ L'analyse théorique n'exclue cependant pas la possibilité que le Sud puisse posséder un effet de technique suffisamment grand pour annuler l'augmentation potentielle d'émission liée à l'agrandissement de l'échelle et à la transformation de la composition et ainsi réduire son niveau total de l'émission.

de SO₂ dans chaque province qui sont dues au commerce, en une contribution des impacts à travers l'effets d'échelle, de composition et de technique. Cette information va être utilisée dans cette section pour déterminer les impacts environnementaux de l'ouverture au commerce à travers ces trois déterminants de l'émission.

Notre stratégie empirique dans cette section est relativement simple. Comme les variations de l'émission industrielle de SO₂ liées au commerce international peuvent être considérées comme une combinaison finale des trois changements partiels provoqués par les effets d'échelle, de composition et de technique, nous allons avoir pour objectif dans cette section d'analyser l'effet indirect du commerce sur l'environnement à travers l'élargissement de l'échelle de production, la transformation de la composition industrielle et les progrès techniques.

Notre étude se fait en deux étapes. Dans la première étape, nous régressons une fonction d'estimation de forme réduite qui relie directement l'intensité commerciale à chacun des trois changements partiels d'émission. Dans la deuxième étape, nous régressons en Doubles Moindres Carrés (DMC ou 2SLS) les changements partiels d'émission directement sur leurs effets correspondants, respectivement mesurés par le PIB industriel, le ratio capital/travail et le PIB par tête. Dans cette étape, l'impact du commerce sur l'émission via les trois effets est capturé par l'estimation de la première étape des DMC, dans laquelle nous utilisons différentes mesures du degré de libéralisation commerciale comme instruments pour les effets d'échelle, de composition et de technique. Bien que dans la deuxième étape les trois effets ne soient pas des variables endogènes par rapport aux changements d'émission qui leur correspondent, l'estimateur en DMC nous permet d'analyser séparément l'impact du commerce sur l'effet d'échelle, de composition et de technique et de comprendre comment les trois effets affectent à leurs tours les résultats de l'émission totale. En multipliant les coefficients des déterminants structurels obtenus dans la deuxième étape de l'estimation en DMC avec le coefficient du commerce trouvé dans la première, nous pouvons donner une description plus directe sur la façon dont la variation de l'intensité commerciale affecte l'émission à travers chaque effet.

Les résultats en détails de l'estimation de la forme réduite pour les trois effets sont montrés dans les Tableaux 6.1, 6.2 et 6.3. Les Tableaux 6.4 à 6.7 donnent les résultats des estimations structurelles en DMC.

Une caractéristique générale souvent observée dans l'histoire de l'industrialisation des pays asiatiques est qu'ils emploient souvent les devises étrangères obtenues à partir des exportations pour financer l'importation des machines et des équipements qui soutiennent le

développement de certaines industries lourdes considérées comme stratégiques. Ainsi, si la croissance des exportations dans les pays en voie de développement est stimulée par la demande du marché mondial, leur activité d'importation est quant à elle plus orientée par des motifs politiques. Etant donnée cette différence possible du rôle des exportations et des importations, nous allons dans cette section vérifier leur rôle de façon séparé.¹

Après avoir introduit dans l'estimation le terme de l'intensité commerciale $((X+M)/GDP)$ dans le modèle A de la détermination de l'émission, les intensités d'exportation et d'importation (X/PIB et M/PIB) sont ensuite séparément introduites dans le modèle B de détermination de l'émission. Etant donné qu'il est possible que ce soit le stock d'équipements et de machines importées, et non le flux annuel d'importations, qui ait la capacité d'affecter l'économie chinoise, nous remplaçons dans le modèle C l'intensité d'importation (M/PIB) par la variable (M_{stock}/PIB), qui mesure l'importance du stock d'équipements et de machines importées dans l'économie totale.² Cette mesure de l'ouverture est inspirée du modèle de production en EGC de de Melo et Robinson (1990), dans lequel l'externalité positive du commerce international sur les économies en développement est décrite à la fois par les activités croissantes d'exportation et par l'accumulation de machines et équipements importés qui augmente le stock effectif de capital.

Ces estimations simples de la forme réduite nous fournissent des résultats raisonnables. Elles révèlent que le commerce international (exportations et importations) joue généralement un rôle positif dans l'augmentation de l'émission à travers les effets d'échelle et de composition, et un rôle négatif à travers l'effet de technique.

¹Agras et Chapman (1999) font le même traitement dans leur papier.

² En raison de l'indisponibilité des données, nous employons le stock de biens manufacturés importés comme approximation du stock d'équipements et de machines importées. Cette série de données est compilée par l'auteur à partir des rapports statistiques au niveau provincial de l'*Almanac of China's Foreign Economic Relationship and Trade* (1984-2001). Nous la considérons comme une bonne approximation pour deux raisons. D'une part, de nombreuses importations de biens manufacturés sont destinées à être re-exporter après avoir été rassemblées ou re-travaillées, ce qui dans un certain sens renforce la productivité d'industries chinoises. D'une autre part, nous effectuons aussi un simple test de corrélation entre les importations de biens manufacturés et celles de biens d'équipement et de machines à partir des données annuelles chinoises au niveau national depuis 1985. Nous pouvons voir que chaque année, les importations d'équipements et de machines occupe un pourcentage très important et très stable (50%) dans la totalité des importations de biens manufacturés. Cette forte corrélation est montrée par une valeur du coefficient de corrélation de 0,9985.

Tableau 6.1. Impact du commerce international sur l'effet d'échelle décomposé (forme réduite)

	Modèle A		Modèle B		Modèle C	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF
(X+M)/PIB (%)	2,155 (1,64)*	3,293 (1,66)*				
X/PIB (%)			4,746 (1,48) ^o	5,631 (1,53) ^o	3,214 (1,27)	5,962 (2,00)**
M/PIB (%)			0,061 (0,02)	1,650 (0,72)		
Mstock					0,019 (4,47)***	0,019 (6,45)***
y1993	188,343 (4,95)***	190,313 (3,36)***	195,788 (5,01)***	196,876 (3,42)***	195,887 (5,27)***	202,453 (3,54)***
y1994	160,962 (4,31)***	153,414 (3,35)***	163,272 (4,35)***	154,469 (3,38)***	173,741 (4,86)***	167,072 (3,70)***
y1995	129,408 (3,63)***	124,570 (3,12)***	128,835 (3,60)***	123,501 (3,10)***	139,096 (4,03)***	133,672 (3,46)***
y1996	124,511 (3,59)***	124,939 (3,52)***	126,406 (3,63)***	126,600 (3,56)***	132,545 (3,94)***	134,254 (3,89)***
y1997	110,482 (3,18)***	112,266 (3,29)***	105,908 (3,01)***	108,594 (3,19)***	112,797 (3,36)***	112,169 (3,49)***
y1998	113,933 (3,20)***	118,420 (3,08)***	109,917 (3,05)***	115,547 (3,00)***	114,424 (3,35)***	117,031 (3,30)***
y1999	34,776 (0,95)	38,628 (1,06)	33,196 (0,90)	37,749 (1,04)	36,895 (1,05)	40,237 (1,22)
y2000	30,386 (0,80)	29,736 (0,72)	29,208 (0,77)	28,733 (0,69)	34,090 (0,93)	32,774 (0,88)
trend	66,121 (14,87)***	65,924 (9,07)***	66,160 (14,83)***	65,933 (9,11)***	60,307 (13,42)***	60,001 (8,53)***
Constante	-45,802 (0,53)		-53,572 (0,63)		-31,907 (0,39)	
R-squared	0,13	0,59	0,14	0,59	0,16	0,62
Breusch-Pagan		964,31 (0,000)		915,19 (0,000)		928,66 (0,000)
Hausman	1,67 (0,9983)		24,36 (0,0113)		2,73 (0,9938)	
Observations	290	290	290	290	290	290
Nombre de provinces	29	29	29	29	29	29

Tableau 6.2. Impact du commerce international sur l'effet de composition décomposé (forme réduite)¹

	Modèle A		Modèle B		Modèle C	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF
(X+M)/PIB (%)	0,194 (0,64)	0,793 (1,60)				
X/PIB (%)			2,172 (2,52)**	2,507 (2,86)***	0,770 (1,24)	2,227 (2,61)***
M/PIB (%)			-1,616 (2,11)**	-0,421 (0,53)		
Mstock					0,001 (0,50)	0,001 (0,74)
y1993	22,811 (1,86)*	23,848 (1,65) ^o	28,629 (2,29)**	28,667 (2,02)**	24,431 (1,98)**	27,896 (1,95)*
y1994	17,461 (1,47)	13,489 (1,04)	20,100 (1,68) ^o	14,299 (1,13)	17,078 (1,44)	13,516 (1,08)
y1995	74,460 (6,50)***	71,914 (5,09)***	74,491 (6,49)***	71,149 (5,04)***	73,984 (6,44)***	71,080 (5,04)***
y1996	53,440 (4,77)***	53,665 (5,45)***	54,928 (4,88)***	54,885 (5,67)***	54,064 (4,82)***	54,941 (5,61)***
y1997	32,589 (2,91)***	33,528 (3,66)***	28,709 (2,53)**	30,819 (3,33)***	32,315 (2,88)***	31,955 (3,54)***
y1998	22,867 (2,00)**	25,227 (2,56)**	19,161 (1,66) ^o	23,094 (2,32)**	23,022 (2,02)**	24,379 (2,55)**
y1999	-9,964 (0,85)	-7,937 (0,71)	-11,636 (0,98)	-8,601 (0,77)	-9,508 (0,81)	-7,759 (0,71)
y2000	2,748 (0,22)	2,406 (0,18)	1,783 (0,15)	1,593 (0,12)	2,617 (0,21)	1,903 (0,14)
trend	14,405 (10,04)***	14,301 (8,15)***	14,456 (10,05)***	14,309 (8,29)***	14,166 (9,46)***	14,029 (7,80)***
Constante	-36,491 (2,12)**		-39,714 (2,44)**		-41,714 (2,42)**	
Observations	290	290	290	290	290	290
Nombre de provinces	29	29	29	29	29	29
R-squared	0,21	0,45	0,29	0,46	0,22	0,46
Breusch-Pagan		467,23 (0,000)		353,40 (0,000)		439,96 (0,000)
Hausman	2,20 (0,9945)		20,91 (0,0343)		6,99 (0,7996)	

¹ Dans un but de correspondance avec l'analyse empirique du Chapitre 4, nous rapportons dans l'annexe de ce chapitre les résultats des estimations en DMC et de la forme réduite pour l'effet de composition décomposé sans la tendance de temps et les effets spécifiques temps.

Tableau 6.3. Impact du commerce international sur l'effet de technique décomposé (forme réduite)

	Modèle A		Modèle B		Modèle C	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF
(X+M)/ PIB (%)	-2,594 (2,17)**	-4,129 (2,26)**				
X/PIB (%)			-6,141 (2,08)**	-7,750 (2,38)**	-4,792 (2,05)**	-8,261 (2,74)***
M/PIB (%)			0,322 (0,13)	-1,564 (0,73)		
Mstock					-0,012 (3,01)***	-0,012 (4,85)***
y1993	-205,196 (5,81)***	-207,855 (3,82)***	-215,421 (5,95)***	-218,031 (3,99)***	-214,369 (6,09)***	-222,667 (4,08)***
y1994	-163,827 (4,72)***	-153,643 (3,43)***	-167,189 (4,80)***	-155,367 (3,50)***	-173,280 (5,11)***	-164,880 (3,73)***
y1995	-178,305 (5,38)***	-171,777 (4,54)***	-177,626 (5,35)***	-170,170 (4,51)***	-184,125 (5,63)***	-177,299 (4,78)***
y1996	-178,315 (5,53)***	-178,892 (5,18)***	-180,918 (5,59)***	-181,468 (5,30)***	-184,528 (5,79)***	-186,704 (5,50)***
y1997	-151,691 (4,70)***	-154,099 (4,72)***	-145,340 (4,45)***	-148,373 (4,50)***	-150,506 (4,73)***	-149,732 (4,73)***
y1998	-75,298 (2,28)**	-81,352 (2,63)***	-69,654 (2,09)**	-76,838 (2,47)**	-73,276 (2,26)**	-76,584 (2,64)***
y1999	-20,531 (0,60)	-25,729 (0,80)	-18,262 (0,54)	-24,320 (0,76)	-20,979 (0,63)	-25,214 (0,83)
y2000	5,934 (0,17)	6,812 (0,17)	7,564 (0,21)	8,410 (0,21)	4,292 (0,12)	5,941 (0,16)
trend	-70,189 (16,99)***	-69,923 (10,12)***	-70,247 (16,97)***	-69,940 (10,19)***	-66,510 (15,62)***	-66,107 (9,63)***
Constante	105,935 (1,39)		115,963 (1,54)		101,800 (1,38)	
Observations	290	290	290	290	290	290
Nombre de provinces	29	29	29	29	29	29
R-squared	0,15	0,64	0,17	0,65	0,17	0,65
Breusch-Pagan		927,80 (0,000)		873,65 (0,000)		875,98 (0,000)
Hausman	4,08 (0,9437)		8,19 (0,6961)		4,44 (0,9551)	

**Tableau 6.4. Impact du commerce sur l'émission industrielle de SO₂ — Canal 1 :
élargissement de l'échelle de production industrielle**

	Simple		DMC (2SLS)					
			Modèle A		Modèle B		Modèle C	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF
Ind. PIB	0,481	0,480	0,421	0,595	0,268	0,350	0,280	0,296
	(16,69)***	(8,52)***	(2,59)***	(1,66)*	(2,34)**	(1,72)*	(6,13)***	(6,22)***
y1993	186,420	186,415	186,192	186,848	185,619	185,926	185,663	185,725
	(6,87)***	(4,36)***	(6,99)***	(3,32)***	(6,34)***	(3,33)***	(6,36)***	(3,34)***
y1994	176,830	176,825	176,632	177,201	176,134	176,401	176,173	176,226
	(6,80)***	(4,94)***	(6,92)***	(3,68)***	(6,28)***	(3,69)***	(6,30)***	(3,80)***
y1995	144,485	144,467	143,740	145,882	141,868	142,870	142,012	142,213
	(5,73)***	(4,77)***	(5,79)***	(3,48)***	(5,21)***	(3,48)***	(5,24)***	(3,59)***
y1996	132,457	132,429	131,353	134,526	128,580	130,065	128,794	129,091
	(5,34)***	(4,99)***	(5,36)***	(3,62)***	(4,79)***	(3,63)***	(4,83)***	(3,77)***
y1997	116,792	116,762	115,570	119,082	112,502	114,145	112,738	113,067
	(4,71)***	(4,66)***	(4,71)***	(3,37)***	(4,19)***	(3,32)***	(4,23)***	(3,50)***
y1998	117,905	117,865	116,332	120,851	112,384	114,498	112,687	113,111
	(4,67)***	(4,34)***	(4,64)***	(3,10)***	(4,11)***	(3,05)***	(4,15)***	(3,21)***
y1999	42,062	42,016	40,223	45,508	35,606	38,079	35,961	36,457
	(1,62) ^o	(1,85)*	(1,55) ^o	(1,21)	(1,26)	(1,06)	(1,29)	(1,12)
y2000	40,271	40,244	39,180	42,316	36,441	37,908	36,651	36,945
	(1,48) ^o	(1,73)*	(1,46)	(0,99)	(1,24)	(0,90)	(1,26)	(0,99)
trend	28,169	28,290	33,003	19,115	45,137	38,639	44,204	42,901
	(7,19)***	(5,94)***	(2,48)**	(0,68)	(4,64)***	(2,33)**	(8,87)***	(5,66)***
Constante	-103,628		-89,187		-52,938		-55,724	
	(1,93)*		(1,07)		(0,74)		(0,89)	
Obs.	290	290	290	290	290	290	290	290
Group #	29	29	29	29	29	29	29	29
R-squared		0,79	0,60	0,60	0,56	0,59	0,56	0,57
Breusch-Pagan	934,48							
	(0,000)							
Hausman	0,02							
	(1,000)							
Iden. test			0,014	0,030	3,70	0,94	32,24	26,10
			(1,000)	(1,000)	(0,9599)	(0,9999)	(0,0003)***	(0,0036)***
Elasticité des changements de l'émission décomposée par rapport au commerce à travers l'effet de l'échelle								
(X+M)/PIB			0,152	0,193				
X/PIB					0,164	0,194	0,104	0,123
M/PIB					-0,035	-0,039		
Mstock							0,060	0,064
Coefficient de première étape pour les instruments du commerce international (sur PIB_i industriel)								
(X+M)/PIB (%)			6,160	5,534				
			(3,05)***	(1,36)				
X/PIB (%)					20,580	18,669	11,897	14,056
					(4,48)***	(2,04)**	(4,20)***	(3,23)***
M/PIB (%)					-4,536	-3,808		
					(1,21)	(0,68)		
Mstock							0,067	0,067
							(14,41)***	(16,14)***

Note : Le calcul détaillé de l'élasticité de l'émission décomposée issue de l'effet d'échelle par rapport à l'intensité d'exportation est le suivant : $\frac{d(\text{effet d'échelle})}{d(X/PIB)} = 14,056 \times \frac{X/PIB}{ind.PIB} \times 0,296 \times \frac{ind.PIB}{\text{Effet d'échelle}} = 14,056 \times 0,296 \times \frac{X/PIB}{\text{Effet d'échelle}} = 0,123 \cdot 14,096$ et

0,296 sont les coefficients respectivement obtenus pour l'intensité d'exportation dans l'estimation de l'instrumentation et pour le PIB industriel dans la seconde étape de l'estimation en effet fixe du modèle C. $\overline{X/PIB}$, $\overline{ind.PIB}$ et $\overline{SO_2}$ indiquent les valeurs moyennes de l'échantillon pour X/PIB, le PIB industriel et la variation de l'émission décomposée de SO₂ industriel relatifs à l'effet d'échelle. L'élasticité des deux autres changements de l'émission décomposée par rapport au commerce est calculée de la même façon.

Tableau 6.5. Impact du commerce sur l'émission industrielle de SO₂ — Canal 2 : transformation de la composition industrielle

	Simple		2SLS					
			Modèle A		Modèle B		Modèle C	
	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE
(K/L) _{jt}	-6,268	-7,591	1,145	-47,153	-12,310	-15,091	7,923	-51,638
(1/10000)	(4,15)***	(4,30)***	(0,14)	(1,60) ^o	(1,82)*	(0,63)	(0,28)	(2,16)**
y1993	20,722	20,352	22,796	9,283	19,031	18,253	24,692	8,028
	(1,73)*	(1,47)	(1,68) ^o	(0,56)	(1,53)	(1,15)	(1,55)	(0,51)
y1994	13,909	12,888	19,630	-17,644	9,246	7,100	24,861	-21,105
	(1,21)	(1,06)	(1,38)	(0,68)	(0,72)	(0,32)	(0,98)	(0,94)
y1995	68,721	67,335	76,483	25,906	62,393	59,482	83,581	21,211
	(6,11)***	(4,66)***	(5,11)***	(0,77)	(4,63)***	(2,06)**	(2,62)***	(0,74)
y1996	45,804	44,207	54,749	-3,530	38,513	35,158	62,927	-8,941
	(4,12)***	(4,41)***	(3,52)***	(0,10)	(2,77)***	(1,17)	(1,75) ^o	(0,30)
y1997	24,019	22,273	33,796	-29,905	16,049	12,382	42,734	-35,819
	(2,16)**	(2,43)**	(2,10)**	(0,76)	(1,12)	(0,38)	(1,10)	(1,12)
y1998	19,275	18,678	22,619	0,832	16,549	15,295	25,676	-1,191
	(1,73) ^o	(2,06)**	(1,75)*	(0,05)	(1,40)	(1,12)	(1,42)	(0,09)
y1999	-12,528	-12,931	-10,272	-24,974	-14,368	-15,214	-8,209	-26,339
	(1,09)	(1,24)	(0,79)	(1,86)*	(1,20)	(1,23)	(0,52)	(2,11)**
y2000	2,447	2,360	2,934	-0,243	2,049	1,866	3,380	-0,538
	(0,20)	(0,18)	(0,22)	(0,02)	(0,17)	(0,14)	(0,24)	(0,04)
trend	17,848	18,568	13,815	40,090	21,135	22,648	10,128	42,530
	(10,98)***	(9,92)***	(3,01)***	(2,47)**	(5,34)***	(1,71) ^o	(0,67)	(3,30)***
Constante	-11,073		-35,108		8,518		-57,082	
	(0,73)		(1,21)		(0,32)		(0,62)	
Obs.	290	290	290	290	290	290	290	290
Groupe #	29	29	29	29	29	29	29	29
R-squared	0,32	0,47	0,18	0,64	0,27	0,64	0,01	0,64
Breusch-Pagan		412,71 (0,000)						
Hausman	0,74 (1,000)							
Overiden.			0,91 (0,999)	0,74 (1,000)	0,84 (0,999)	0,08 (1,000)	0,23 (1,000)	0,79 (0,999)
<i>Elasticité des changements de l'émission décomposée par rapport au commerce à travers l'effet de composition</i>								
(X+M)/PIB			0,013	0,314				
X/PIB					0,208	-0,003	0,030	0,164
M/PIB					-0,269	0,088		
Mstock							-0,008	0,041
<i>Coefficient de première étape pour les instruments du commerce international (sur (K/L)_{jt})</i>								
(X+M)/PIB (%)			0,029	-0,017				
			(2,81)**	(0,79)				
X/PIB (%)					-0,085	0,001	0,019	-0,016
					(2,59)***	(0,03)	(0,82)	(0,55)
M/PIB (%)					0,113	-0,030		
					(3,89)***	(0,73)		
Mstock							-0,00005	-0,00004
							(0,84)	(0,95)

Tableau 6.6. Impact du commerce sur l'émission industrielle de SO₂ — Canal 2 : transformation de la composition industrielle (Nouvel indicateur de composition)

	Simple		2SLS					
			Modèle A		Modèle B		Modèle C	
	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE
Comp. indicateur	7,664 (7,80)***	8,556 (5,67)***	0,834 (0,22)	-31,842 (1,60) ^o	4,954 (0,85)	7,706 (1,08)	-6,421 (0,97)	-1,187 (0,20)
y1993	17,157 (1,56)	16,538 (1,22)	21,897 (1,48)	44,574 (2,21)**	19,038 (1,61) ^o	17,128 (1,11)	26,932 (1,75)*	23,299 (1,52)
y1994	16,180 (1,53)	15,882 (1,35)	18,467 (1,32)	29,407 (2,06)**	17,088 (1,58)	16,166 (1,25)	20,896 (1,47)	19,144 (1,49)
y1995	49,416 (4,60)***	46,405 (3,98)***	72,469 (3,91)***	182,758 (2,65)***	58,563 (2,65)***	49,276 (1,77)*	96,955 (3,72)***	79,290 (3,23)***
y1996	33,607 (3,24)***	31,307 (3,49)***	51,217 (3,12)***	135,464 (2,54)**	40,595 (2,25)**	33,500 (1,59)	69,921 (3,23)***	56,427 (3,04)***
y1997	18,268 (1,79)*	16,636 (2,11)**	30,760 (2,06)**	90,521 (2,35)**	23,225 (1,58)	18,192 (1,11)	44,028 (2,44)**	34,455 (2,36)**
y1998	7,632 (0,73)	5,948 (0,69)	20,527 (1,35)	82,222 (2,07)*	12,749 (0,85)	7,554 (0,44)	34,225 (1,86)*	24,343 (1,61) ^o
y1999	-26,172 (2,44)**	-27,982 (2,91)***	-12,313 (0,78)	53,990 (1,26)	-20,673 (1,30)	-26,256 (1,38)	2,408 (0,12)	-8,213 (0,50)
y2000	2,739 (0,25)	2,725 (0,25)	2,846 (0,20)	3,358 (0,25)	2,781 (0,25)	2,738 (0,20)	2,960 (0,20)	2,878 (0,21)
trend	7,748 (5,01)***	6,969 (4,15)***	13,710 (3,71)***	42,233 (2,40)**	10,114 (1,94)	7,712 (1,19)	20,043 (3,34)***	15,474 (2,92)***
Constante	-166,438 (7,33)***		-46,092 (0,68)		-118,685 (1,15)		81,740 (0,70)	
Obs.	290	290	290	290	290	290	290	290
Group #	29	29	29	29	29	29	29	29
R-squared	0,22	0,56	0,24	0,55	0,25	0,56	0,07	0,57
Breusch-Pagan		528,05 (0,000)						
Hausman	6,82 (0,742)							
Overiden.			3,53 (0,9661)	0,68 (1,000)	0,23 (1,000)	0,01 (1,000)	4,67 (0,9119)	2,18 (0,9948)
<i>Elasticité des changements de l'émission décomposée par rapport au commerce à travers l'effet de composition</i>								
(X+M)/PIB			-0,015	0,308				
X/PIB					0,047	0,138	0,029	-0,008
M/PIB					-0,110	0,158	0,025	0,0005
Mstock								
<i>Coefficient de première étape pour les instruments du commerce international (nouvel indicateur de composition)</i>								
(X+M)/PIB (%)			-0,047 (4,52)***	-0,025 (0,69)				
X/PIB (%)					0,048 (0,96)	0,090 (1,42)	-0,023 (0,693)	0,034 (0,72)
M/PIB (%)					-0,113 (2,62)***	0,106 (1,94)*		
Mstock							-0,0002 (2,87)***	-0,0002 (3,40)***

Tableau 6.7. Impact du commerce sur l'émission industrielle de SO₂ — Canal 3 : progrès technique

	Simple		2SLS					
			Modèle A		Modèle B		Modèle C	
	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE
(GDPPC) _{jt}	-248,380	-438,174	-56,935	-121,885	-62,193	-125,118	-81,423	-103,787
(1/1000)	(3,64)***	(3,15)***	(2,04)**	(2,26)**	(2,25)**	(2,39)**	(3,70)***	(4,43)***
(GDPPC) _{jt} ²	19,680	36,014						
(1/1000) ²	(2,59)***	(2,91)***						
(GDPPC) _{jt} ³	-0,547	-1,069						
(1/1000) ³	(1,90)*	(2,69)***						
y1993	-190,633	-183,624	-201,451	-202,302	-201,519	-202,344	-201,771	-202,065
	(5,56)***	(3,74)***	(5,58)***	(3,75)***	(5,56)***	(3,78)***	(5,48)***	(3,79)***
y1994	-163,845	-152,055	-181,896	-182,881	-181,976	-182,930	-182,267	-182,607
	(4,95)***	(3,71)***	(5,26)***	(3,94)***	(5,24)***	(3,94)***	(5,17)***	(4,05)***
y1995	-169,593	-156,267	-190,346	-191,499	-190,439	-191,557	-190,781	-191,178
	(5,27)***	(4,58)***	(5,68)***	(4,94)***	(5,66)***	(4,96)***	(5,58)***	(5,06)***
y1996	-155,992	-141,582	-178,013	-178,783	-178,076	-178,821	-178,303	-178,568
	(4,92)***	(4,52)***	(5,40)***	(5,18)***	(5,38)***	(5,23)***	(5,30)***	(5,30)***
y1997	-126,321	-111,637	-147,182	-146,678	-147,141	-146,653	-146,992	-146,819
	(3,98)***	(3,68)***	(4,46)***	(4,57)***	(4,44)***	(4,58)***	(4,37)***	(4,63)***
y1998	-46,997	-34,025	-63,941	-62,654	-63,837	-62,589	-63,456	-63,012
	(1,46)	(1,21)	(1,91)*	(2,13)**	(1,90)*	(2,14)**	(1,86)*	(2,19)**
y1999	-3,015	2,166	-15,181	-19,096	-15,498	-19,291	-16,657	-18,005
	(0,09)	(0,07)	(0,44)	(0,60)	(0,45)	(0,61)	(0,47)	(0,59)
y2000	5,560	4,183	-4,796	-15,345	-5,650	-15,870	-8,773	-12,406
	(0,16)	(0,11)	(0,13)	(0,38)	(0,15)	(0,39)	(0,24)	(0,32)
trend	-35,531	-9,297	-51,677	-30,047	-49,926	-28,970	-43,522	-36,074
	(4,01)***	(0,54)	(5,07)***	(1,71)*	(4,93)***	(1,69) ^o	(5,12)***	(3,79)***
Constante	446,931		148,596		158,835		196,278	
	(3,53)***		(1,74)*		(1,86)*		(2,39)**	
Obs.	290	290	290	290	290	290	290	290
Group #	29	29	29	29	29	29	29	29
R-squared	0,12	0,67	0,13	0,73	0,12	0,73	0,09	0,79
Breusch-Pagan		891,11 (0,000)						
Hausman	13,85 (0,3103)							
Overiden.			1,59 (0,9986)	3,94 (0,9501)	2,21 (0,9945)	4,77 (0,9057)	9,33 (0,5014)	10,65 (0,3853)
<i>Elasticité des changements de l'émission décomposée par rapport au commerce à travers l'effet de technique</i>								
(X+M)/PIB			-0,145	-0,253				
X/PIB					-0,117	-0,228	-0,173	-0,205
M/PIB					-0,051	-0,060		
Mstock							-0,025	-0,032
<i>Coefficient de première étape pour les instruments du commerce international (sur PIBP_{jt})</i>								
(X+M)/PIB (%)			0,042 (8,06)***	0,034 (3,09)***				
X/PIB (%)					0,061 (4,61)***	0,059 (3,04)***	0,069 (7,04)***	0,064 (3,74)***
M/PIB (%)					0,027 (2,48)**	0,016 (1,20)		
Mstock							0,0001 (7,87)***	0,0001 (4,20)***

Ensuite, pour tester la complexité fondamentale de la relation entre le commerce et l'émission, dans les Tableaux 6.4 à 6.7, nous estimons le rôle indirect du commerce international sur l'émission à travers ses trois déterminants structurels. Dans les six colonnes relatives au modèle structurel en DMC, nous employons séparément les trois mesures de l'intensité commerciale comme instruments. Les résultats de l'étape de l'instrumentation sont rapportés en bas de chaque tableau.

Regardons d'abord dans le Tableau 6.4 les résultats concernant le rôle du commerce sur l'environnement à travers son impact sur l'élargissement de l'échelle de production. On peut ici facilement observer la cohérence des résultats entre la deuxième étape de l'estimation en DMC et le modèle de forme réduite. Dans deux cas sur trois, les changements de mesure de l'intensité commerciale et de méthode d'estimation n'affectent pas les coefficients des variables de commerce. La seule exception est le modèle B, où nous ne trouvons de coefficient positif et significatif que pour l'intensité d'exportation. Le test de spécification de Hausman indique que l'instrumentation la plus efficace a été réalisée pour le modèle C, dans lequel nous avons employé X/PIB et $Mstock/PIB$ pour instrumenter le PIB industriel. Nous croyons que ce résultat confirme l'hypothèse du modèle en EGC de de Melo et Robinson (1990) sur la fonction de production - la croissance de l'économie domestique bénéficie de l'effet positif de diffusion à la fois dans le domaine des exportations et de l'accumulation des équipements et machines importées. Par conséquent, la discussion qui va suivre sera basée sur les résultats du modèle C. Pour résumer, les résultats des estimations des Tableaux 6.1 et 6.4 confirment en général la causalité positive entre l'intensité commerciale, l'échelle de production industrielle, et la variation décomposée de l'émission industrielle liée à l'effet d'échelle. Cette conclusion est aussi exprimée dans le Tableau 6.4 par l'élasticité positive de l'effet d'échelle décomposé par rapport au commerce.

Les estimations de l'effet de composition décomposée par rapport au commerce ne montrent pas une aussi bonne cohérence, la plupart de ces coefficients sont peu significatifs. Par ailleurs, le ratio capital/travail garde généralement ses coefficients négatifs même après avoir été instrumenté par les variables d'intensité commerciale (Cf. résultats de l'estimation en effet fixe dans le Tableau 6.5).

Comme nous avons déjà pu en discuter au Chapitre 3 et au Chapitre 5, le faible pouvoir explicatif du ratio capital/travail comme mesure de l'effet de composition est peut-être dû au fait que cet indicateur mesure en même temps l'efficacité technique de l'économie dans les activités de réduction de la pollution. Pour surmonter l'ambiguïté de cette simple mesure de l'effet de composition, nous allons utiliser les données détaillées de la valeur ajoutée de 13

secteurs industriels dans chaque province pour construire l'indicateur synthétique de composition suivant : $\Omega_{it} = \sum_j \frac{Y_{jit}}{Y_{it}} \times e_{j,0}$. Y_{jit} indique la valeur ajoutée du secteur industriel j de la province i pour la période t , et $e_{j,0}$ est l'intensité nationale moyenne d'émission de SO_2 pour chacun des 13 secteurs en 1991.^{1,2} En supposant que l'intensité nationale moyenne d'émission de SO_2 reste à son niveau original de l'année de base 1991, une augmentation de la proportion d'une industrie relativement plus polluante (dont l'intensité d'émission est supérieure au niveau moyen) va entraîner une augmentation de Ω_{it} , au contraire, si c'est la proportion d'une industrie relativement propre qui s'accroît, la Ω_{it} va baisser.

Les résultats de l'estimation du modèle structurel en DMC, basés sur cette nouvelle mesure de l'effet de composition, sont présentés dans le Tableau 6.6. Le nouvel indicateur synthétique de composition améliore la fiabilité de nos résultats. Les coefficients positifs et significatifs prévus sont d'abord obtenus pour les estimations simples. Cependant, pour les estimations structurelles, la plupart de ces coefficients ne sortent pas significativement et les variables d'intensité commerciale montrent une faible efficacité de l'instrumentation. Nous échouons par conséquent à saisir un impact significatif du commerce sur l'émission de SO_2 à travers la transformation de la composition industrielle chinoise.

Les résultats obtenus pour les variations décomposées de l'émission liées à l'effet de technique sont relativement plus satisfaisants (Cf. Tableau 6.7). Comme prévu, le PIB par tête est une approximation pertinente de l'effet de technique, particulièrement quand on l'instrumente à la fois par les indicateurs (X/PIB) et (Mstock/PIB). Dans ce cas, le coefficient positif de PIBPT montre une plus grande significativité. L'estimation prouve de façon évidente le rôle favorable exercé par le commerce international sur l'environnement à travers l'effet de technique. Cette conclusion est renforcée dans le Tableau 6.7 par une élasticité de l'environnement par rapport au commerce toujours négative.

En comparant les différentes valeurs des élasticités de l'émission par rapport aux indicateurs d'ouverture commerciale dans les quatre derniers tableaux, nous observons bien qu'une élasticité faible de commerce à travers l'effet de composition n'a pas été trouvée par nos estimations, qu'il existe une bonne cohérence entre les résultats de ce chapitre et ceux

¹ Une discussion plus approfondie des avantages et déficiences de cette mesure synthétique de l'effet de composition est incluse dans l'annexe.

² Comme la somme des valeurs ajoutées des 13 secteurs industriels compte généralement pour près de 98% de tout le PIB industriel provincial annuel, nous sommes assez confiants dans la capacité de cet indicateur synthétique de mesurer la performance environnementale générale de la composition industrielle. Par ailleurs, Keller et Levinson (2002) emploient également cette expression pour mesurer la composition de l'industrie de chaque Etat dans le but d'ajuster leur mesure du coût de réduction de la pollution des états.

trouvés dans le Chapitre 5, ce qui confirme l'efficacité de notre analyse. Ainsi, comme dans les Chapitres 4 et 5, l'amplitude de l'élasticité du commerce à travers l'effet d'échelle et de technique montre un bon équilibre (Cf. tableaux 5.3). Concernant les petites valeurs trouvées pour l'élasticité de l'effet de décomposition, malgré un manque de cohérence entre elles, correspondent aussi assez bien à celles que nous avons trouvées dans le Chapitre 5.

6.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons élargi le champ de notre analyse au rôle environnemental potentiel du commerce international en Chine. À partir de l'impact du commerce sur la pollution via l'effet de composition, nous avons aussi analysé les deux autres canaux par lesquels le commerce international peut avoir un impact sur l'environnement. Le premier est l'élargissement de l'échelle de production et le second est le progrès technique qui permet une réduction de la pollution.

En utilisant les résultats de la décomposition de l'indice de Divisia du Chapitre 4 comme variables dépendantes, nous avons pu dans cette section étudier séparément la relation potentielle entre les indicateurs d'intensité commerciale et les trois parties de la variation de l'émission causées par l'élargissement de l'échelle de production, la transformation de la composition industrielle et le progrès technique, à travers un modèle de forme réduite et un modèle structurel estimé en DMC. Cette stratégie économétrique simple a clarifié la relation entre le commerce et les effets d'échelle et de technique. Nous montrons ainsi le rôle significatif du commerce comme facteur positif de l'élargissement de l'échelle de production, et comme catalyseur actif du progrès technique, mais échouons à trouver une conclusion claire du rôle environnemental du commerce à travers la transformation de la composition industrielle de la Chine.

Bien que le nouvel indicateur synthétique de composition ait aidé à réduire la confusion existant dans la mesure originale de l'effet de composition - le ratio capital/travail -, la stratégie d'estimation en DMC n'a pas pu donner une conclusion satisfaisante au rôle réel joué par le commerce international dans la transformation de la composition industrielle. Nous pensons que cette difficulté vient de la complexité de la relation entre le commerce et la composition industrielle. En effet, la transformation de la composition en période de libéralisation commerciale est déterminée non seulement par le degré d'ouverture, mais également par le résultat final de l'opposition entre l'avantage comparatif du « havre de pollution » qui dépend du niveau de revenu réel et l'avantage comparatif ricardien déterminé par la dotation en facteurs. Étant donné que la croissance du revenu et la dotation en facteurs

(particulièrement le processus d'accumulation du capital) dépendent toutes deux en partie de la libéralisation commerciale et qu'il existe aussi une corrélation potentielle entre l'effet de technique et l'effet de composition, nous risquons d'obtenir dans nos estimations se basant sur une simple équation une conclusion biaisée du rôle potentiel du commerce sur la pollution à travers l'effet de composition. Par conséquent, afin d'obtenir une meilleure compréhension du lien entre le commerce, la transformation de la composition industrielle et les variations d'émission qui en résultent, nous devons utiliser une méthode d'estimation plus structurée qui nous permette de prendre simultanément en compte les trois canaux indirects à travers lesquels le commerce international a un impact sur l'émission, et toutes les corrélations potentielles entre eux. Cette condition réclame l'utilisation d'un système d'estimation en simultané qui permette d'étudier la complexité de la relation à différents niveaux entre plusieurs variables endogènes et exogènes par un système d'équations estimées en simultané.

Annexe 6.1. Résultats de l'estimation pour l'effet de composition décomposé sans les effets de temps et la tendance de temps

Tableau A.6.1. Impact du commerce international sur l'effet de composition décomposé (forme réduite)

	Modèle A		Modèle B		Modèle C	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF
(X+M)/PIB (%)	0,093 (0,29)	0,645 (1,53)				
X/PIB (%)			3,665 (3,78)***	4,567 (4,08)***	0,153 (0,23)	2,982 (3,27)***
M/PIB (%)			-3,127 (3,59)***	-2,116 (3,10)***		
Mstock					0,006 (3,53)***	0,006 (5,32)***
Constante	67,130 (4,61)***		61,120 (4,61)***		59,146 (4,10)***	
Observations	290	290	290	290	290	290
Nombre de provinces	29	29	29	29	29	29
R-carrée	0,02	0,0014	0,04	0,0031	0,02	0,0078
Breusch-Pagan		287,46 (0,000)		280,66 (0,00)		293,44 (0,000)
Hausman	0,02 (0,8903)		0,20 (0,9042)		0,50 (0,7792)	

Tableau A.6.2. Impact du commerce sur l'émission industrielle de SO₂ — Canal 2 : transformation de la composition industrielle

	Simple				DMC (2SLS)											
	K/L		Indicateur synthétique		Modèle A				Modèle B				Modèle C			
					K/L		Indicateur synthétique		K/L		Indicateur synthétique		K/L		Indicateur synthétique	
	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF	EA	EF
(K/L)_{it}	2,386	7,165			0,574	-15,346			-26,383	14,886			22,150	20,524		
(1/10000)	(1,74)*	(5,58)***			(0,05)	(1,53)			(1,98)**	(2,44)**			(2,95)***	(3,93)***		
Indicateur de composition			10,818	11,511			0,137	-10,371			9,833	9,631			9,367	27,987
			(14,67)***	(9,87)***			(0,03)	(1,53)			(3,38)***	(3,35)***			(2,05)**	(5,25)***
Constante	56,091	28,899	-186,670	-203,087	66,398	156,983	66,408	315,420	219,782	-15,035	-163,334	-158,554	-56,366	-47,111	-152,298	-593,494
	(4,14)***	(3,37)***	(8,82)***	(7,21)***	(1,08)	(2,76)***	(0,60)	(1,97)**	(2,82)***	(0,42)	(2,33)**	(2,30)**	(1,21)	(1,54)	(1,40)	(4,68)***
Obs.	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290
Groupe #	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
R-carrée	0,038	0,064	0,14	0,48	0,039	0,04	0,137	0,004	0,039	0,033	0,137	0,022	0,039	0,045	0,137	0,070
Breusch-Pagan	187,50		442,68													
	(0,000)		(0,000)													
Hausman	22,23		27,97													
	(0,000)		(0,000)													
Overiden.					0,03	1,59	5,32	2,27	4,70	0,65	0,12	0,43	7,14	4,59	0,10	4,24
					(0,8344)	(0,2078)	(0,0211)	(0,1316)	(0,03*2)	(0,4185)	(0,7267)	(0,5109)	(0,0075)	(0,0322)	(0,7480)	(0,0394)
Elasticité des changements de l'émission décomposée par rapport au commerce à travers l'effet de composition																
(X+M)/PIB					0,054	0,252	0,003	0,251								
X/PIB									0,414	0,157	0,329	0,424	-0,119	-0,114	-0,186	0,128
M/PIB									-0,530	-0,317	-0,462	0,132	0,132	0,122	0,037	0,110
Mstock																
Coefficient de première étape pour les instruments du commerce international (sur (K/L)_{it} ou sur l'indicateur synthétique)																
(X+M)/PIB (%)					0,024	-0,042	-0,050	-0,062								
					(2,04)**	(1,42)	(3,51)***	(1,73)*								
X/PIB (%)									-0,0791	0,053	0,169	0,222	-0,027	-0,028	-0,100	0,453
									(1,86)*	(1,12)	(2,63)***	(3,33)***	(0,93)	(0,62)	(2,67)*	(0,77)
M/PIB (%)									0,104	-0,110	-0,243	-0,263				
									(2,74)***	(2,12)**	(4,38)***	(4,87)***				
Mstock													0,00026	0,0003	0,0002	0,0002
													(4,21)***	(3,12)***	(2,163)**	(3,32)***

Annexe 6.2. Détails de l'indicateur synthétique de composition

L'idée originale de la construction de cet indicateur synthétique de composition est venue des résultats d'estimation non satisfaisants de l'indicateur de composition généralement utilisé—le ratio (K/L). Nous pensons qu'une mesure plus efficace de la composition industrielle doit inclure à la fois la structure détaillée de la production et la performance d'émission de chaque secteur. Inspirée par l'équation de décomposition (3.9) qui apparaît dans le Chapitre 3,

$$\frac{SO_{2,it}}{are_{ai}} = \underbrace{\frac{Y_{it}}{are_{ai}}}_{\text{Echelle}} \times \underbrace{\sum_j \frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times e_{j,it}}_{\text{Composition}} \times \underbrace{\frac{SO_{2,it}}{Y_{it}}}_{\text{Technique}}. \quad (3.9)$$

ou $e_{j,it}$ est l'intensité d'émission de chaque secteur j dans la province i . Nous définissons l'indicateur synthétique de composition par égaliser l'intensité d'émission $e_{j,it}$ à I_{j0} —le niveau moyenne nationale de l'intensité d'émission du secteur j en année de base 1990, donc nous supposons que $e_{j,it} = I_{j,1990}$. Par conséquent, pour la province i à la période t , nous pouvons construire l'indicateur $\Omega_{it} = \sum_j \frac{Y_{j,it}}{Y_{it}} \times I_{j,1990}$.

Dans cet indicateur, comme les intensités d'émission au niveau des secteurs sont fixées pour chaque province à leurs niveaux initiaux, la variation dans le temps de cet indicateur relève seulement les changements de proportions des secteurs dans l'économie totale. Ainsi, quand la proportion d'un secteur relativement plus polluant (c'est à dire ayant une intensité d'émission supérieure à l'intensité d'émission moyenne de l'économie totale) augmente à la période t , nous pouvons distinguer une augmentation de cet indicateur, $\Omega_{it} > \Omega_{i0}$.

Pour chaque province, cet indicateur est construit en combinant les données détaillées de valeur ajoutée détaillées des 13 secteurs industriels dans différentes années avec l'intensité moyenne d'émission nationale de chaque secteur de l'année de référence. Les 13 secteurs industriels sont l'industrie minière, la nourriture et la boisson, le textile, le papier, l'industrie énergétique, les matériaux chimiques, la pharmacie, les fibres, les produits non-métalliques, la métallurgie, les produits métalliques, les machines et autres. Ces données viennent du *China Industrial Economic Statistic Yearbook* (1989-2002) et leur valeur ajoutée totale compte jusqu'à 98% de la valeur ajoutée industrielle de chaque province. Nous sommes ainsi tout à fait confiants sur la capacité de représentation de cet indicateur.

Nous ne sommes, cependant, pas les premiers auteurs à utiliser cet indicateur dans l'analyse de l'émission. Keller et Levinson (2002) ont aussi utilisé la même expression pour mesurer la composition industrielle et ajuster la mesure du coût de réduction de la pollution pour chaque état des Etats Unis.

Bien que cet indicateur capture les changements d'effet de composition dus à la variation de la proportion de différents secteurs dans l'économie industrielle totale, il ignore en réalité les différences potentielles d'efficacité d'émission entre les mêmes secteurs industriels de différentes provinces. D'ailleurs, il est également différent de l'effet décomposé de composition de la méthode de Divisia, où les changements dans la proportion de secteurs et le progrès technologique général dans l'efficacité d'émission sont tous pris en compte. (c.f. le principe d'AWD ou de Törnqvist présenté dans le Chapitre 4).

Chapitre 7. Impact du commerce international sur l'environnement à travers les effets d'échelle, de composition et de technique : une analyse basée sur un système d'équations en simultané¹

Afin d'obtenir une meilleure compréhension de l'impact du commerce international sur l'environnement chinois, nous construisons dans ce chapitre un système de quatre équations en simultanées. Dans ce modèle, l'émission est tout d'abord déterminée par les effets d'échelle (échelle de la production de l'économie), de composition (performance de la composition industrielle en matière de pollution) et de technique (activités de réduction de la pollution), et par l'effet direct du degré d'ouverture au commerce. Les trois équations suivantes capturent l'endogénéité potentielle des trois effets avec le commerce international. A l'aide de ce système, nous comptons obtenir une meilleure compréhension de l'impact direct du commerce sur l'émission et les impacts indirects générés par les trois effets. Suivant l'estimation du chapitre précédent, les exportations et les importations sont incluses de façon séparée dans le modèle. Ce système en simultané est ensuite testé pour les mêmes données de panel des 29 provinces chinoises que nous avons employé depuis le début de cette thèse.

7.1. Liens entre le commerce et l'émission : le système d'équations en simultanées

Le système ici utilisé est directement inspiré de l'article de Dean (1998). Dans ce papier, Dean étudie la relation entre le commerce international et l'émission industrielle d'eau usagée en Chine par un système en simultané assez simple. Son modèle suppose que le commerce international augmente la pollution à travers l'effet du « havre de pollution », mais qu'il contribue également à la croissance économique de la Chine, ce qui réduit à son tour l'émission puisqu'un revenu plus élevé renforce l'exigence du public pour un meilleur

¹ Un papier sœur qui utilise la même méthode que ce chapitre pour discuter la relation entre IDE (Investissement Direct Etranger) et l'émission industrielle de SO₂ en Chine est publié dans *Ecological Economics*, 2006, à paraître.

environnement. En suivant le même raisonnement, nous construisons notre système de 4 équations en simultanées, représenté par les équations (7.1) à (7.4) :

$$(7.1) E_{it} = e(Y_{it}, \Omega_{it}, \tau_{it}, EX_{it}, EM_{it})$$

$$(7.2) Y_{it} = A_i(EX_{it})^\varphi \left[(K_{it} \times EM_{it}^\psi)^\alpha L_{it}^\beta \right]$$

$$(0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1, EX_{it} = \left(\frac{X_{it}}{GDP_{it}} \right), \varphi > 0, EM_{it} = \left(1 + \frac{\Delta KM_{it}}{KM_{it0}} \right), \Delta KM_{it} = \sum_{T=t_0}^{t-1} M_{iT}, KM_{it0} = \sum_{T=0}^{t_0} M_{iT}, \psi > 0)$$

$$(7.3) \Omega_{it} = z(EX_{it}, EM_{it}, \tau_{it})$$

$$(7.4) \tau_{it} = t(Y_{it}, denpop_{it}, EX_{it}, EM_{it})$$

(i: indique la province, t: indique l'année, $t_0=1992$)

E_{it} : émission industrielle de SO_2

Y_{it} : effet d'échelle, mesuré par PIB industriel

Ω_{it} : effet de composition, mesuré par l'indicateur synthétique de composition

τ_{it} : effet de technique, mesuré par le stock du capital utilisé dans les activités d'abattement dans les secteurs industriels mesuré à la fin d'année $t-1$.

$A_i(EX_{it})$: paramètre de productivité totale des facteurs

EX_{it} : externalité d'exportation

K_{it} : stock total de capital utilisé dans la production

EM_{it} : externalité d'importation

L_{it} : travail total utilisé dans la production

X_{it} : exportations totales

GDP_{it} : PIB total

ΔKM_{it} : variation du stock d'équipements et de machines importés depuis l'année de base t_0

M_{it} : importations annuelles totales d'équipements et de machines

$denpop_{it}$: densité de population

KM_{it0} : stock initial d'équipements et de machines importés en t_0

L'équation (7.1) décrit les déterminants économiques de l'émission industrielle de SO_2 . Les effets d'échelle (Y_{it}), de composition (Ω_{it}) et de technique (τ_{it}) sont inclus dans cette équation. Toutes choses égales par ailleurs, nous attendons un coefficient positif de l'effet d'échelle ; Un coefficient positif pour l'effet de composition, mesuré par l'indicateur synthétique présenté au Chapitre 6 ; Et un coefficient négatif pour l'effet de technique. Nous incluons également les variables d'exportation et d'importation dans cette fonction afin de capturer une partie de leur impact direct sur l'émission.

Au lieu d'inclure les termes multiplicatifs entre les mesures d'ouverture et les effets de composition et de technique comme dans le chapitre 5, nous saisissons les impacts indirects de l'ouverture sur l'émission qui passent à travers leurs influences sur les effets d'échelle, de composition et de technique capturés par les équations (7.2) à (7.4).

L'impact du commerce international sur l'échelle de l'économie est capturé dans l'équation (7.2) par une fonction de production du style de de Melo et Robinson (1990). Dans cette fonction, à la fois la croissance des exportations et des importations peut conduire à un élargissement de l'échelle de production grâce aux effets positifs de diffusion. L'externalité

des exportations est capturée par le terme $A_i \times (X_{it}/GDP_t)^\phi$ avec $\phi > 0$, ce qui suppose qu'une plus grande intensité des exportations augmente la productivité totale des facteurs de l'économie par le jeu d'une concurrence accrue. L'externalité des importations agit de façon différente. Au lieu de supposer que l'externalité des importations augmente la productivité du capital et du travail de façon uniforme, on va se baser sur certaines caractéristiques générales partagées par les pays en voie d'industrialiser d'Asie de l'Est, et ainsi faire l'hypothèse qu'une accumulation plus rapide d'équipements et de machines importés $K_{Mit} = \sum_{T=1}^{t-1} M_{iT}$ peut accroître le volume du

stock de capital effectif K_{it}^e utilisé dans une économie. Cette idée est exprimée dans la

fonction de production (7.2) par $K_{it}^e = K_{it} \times \left(\frac{KM_{it}}{KM_{it0}} \right)^\psi = K_{it} \times \left(1 + \frac{\sum_{T=t_0}^{t-1} M_{iT}}{KM_{it0}} \right)^\psi$, KM_{it0} est le stock initial

d'équipements et de machines importés pour l'année t_0 et $\sum_{T=t_0}^{t-1} M_{iT}$ est l'accumulation

d'équipements et de machines importés depuis l'année t_0 . Les gains de productivité du capital issus de l'accumulation des technologies importées sont capturés par le paramètre positif ψ .

Comme nous avons $\left(1 + \frac{\sum_{T=t_0}^{t-1} M_{iT}}{KM_{it0}} \right) \geq 1$, une plus grande élasticité de l'externalité relative aux importations ψ peut sous l'influence de l'externalité en provenance de l'accumulation de biens importés rendre plus efficient le même niveau de stock de capital K_{it} , ce qui à son tour contribue à une augmentation de la production totale.

L'impact indirect du commerce sur la pollution à travers la transformation de la composition industrielle est capturé par la fonction de détermination de la composition (7.3), où les indicateurs d'exportations et d'importations sont inclus en tant que variables indépendantes. Au lieu de saisir séparément les changements de composition liés aux avantages comparatifs de la dotation factorielle et du « havre de pollution », l'avantage de la fonction (7.3) est de nous permettre de saisir directement l'impact réel ou total des exportations sur la transformation de la composition industrielle—qui dépend du contraste des forces entre ces deux avantages comparatifs. Le cas des importations est plus compliqué. D'une part, le rôle des importations sur la transformation de la composition peut comme cela est suggéré par Copeland et Taylor (2003), agir comme les exportations et orienter la composition industrielle de la Chine vers son véritable avantage comparatif. D'autre part, nous pensons également que la majeure partie des machines et des équipements importés par la Chine sont réalisées dans l'optique d'un soutien au développement de certains secteurs

industriels lourds considérés comme stratégiques. Si cela est le cas, il est alors possible que ces importations jouent plutôt un rôle négatif sur la performance environnementale des industries, soit $z_{EM} > 0$. Par conséquent, nous ne pouvons pas pour le moment déterminer le signe du coefficient de EM_{it} . Par ailleurs, Wang et Wheeler (1996) et la Banque Mondiale (2000) indiquent que « le système de taxation de la pollution fonctionne en Chine beaucoup mieux que ce que nous supposons ». Nous voulons également profiter de notre système d'équations pour vérifier s'il existe ou non un impact significatif de la transformation de la composition liée aux changements de la décision d'investir issue de l'intervention sur le système actuel de taxation de l'émission. Nous incluons ainsi le terme τ_{it} dans cette équation et attendons un coefficient négatif, c'est à dire $z_{\tau} < 0$.

L'équation (7.4) décrit la détermination de l'effet de technique comme cela est suggéré par les théories néoclassiques (Selden et Song, 1995 ; Lopèz, 1994). A la différence des chapitres précédents, nous utilisons ici le stock de capital industriel disponible au début de chaque année destiné aux activités de réduction de la pollution pour mesurer cette variable. Une explication détaillée est donnée dans la section suivante. Nous considérons ici quatre déterminants potentiels pour cet effet de technique. Le premier est la croissance économique (Y_{it}), qui saisit le progrès technique dans la réduction de pollution encouragée par une demande publique croissante envers un meilleur environnement, soit $t_y > 0$. Pour un même niveau de revenu, une densité de population plus élevée intensifie les dommages marginaux de la pollution et accroît la pression exercée sur l'innovation technique pour rendre les activités de production moins polluantes, nous incluons ainsi la densité de population dans cette équation et attendons $t_{DENPOP} > 0$. L'impact possible des exportations sur l'effet de technique peut être prévu différemment selon l'hypothèse que l'on retient. L'hypothèse de « racing to the bottom » suppose que la compétition internationale peut forcer le gouvernement chinois à relâcher la rigidité de sa réglementation environnementale, ce qui à son tour découragerait l'investissement des producteurs dans les activités de réduction de la pollution, dans ce cas $t_{EXP} < 0$. Cependant, approvisionner le marché mondial oblige aussi les producteurs domestiques à se mettre aux normes internationales d'environnement, ce qui peut encourager l'investissement dans les activités de réduction de la pollution, ainsi $t_{EXP} > 0$. Comme l'impact des exportations sur l'effet de technique prévu par ces deux hypothèses indique des histoires totalement différentes, son impact final sur l'effet de technique sera indiqué par son coefficient d'estimation. Etant donné les résultats du Chapitre 6, nous nous attendons à ce que ce coefficient sorte avec un signe positif. Il est par contre plus difficile de prévoir l'impact de l'importation de machines et d'équipements sur l'effet de technique. D'une

part, comme les machines et les équipements importés intègrent généralement des technologies de production avancées, leur participation au système de production peut réduire la nécessité d'investir davantage dans les activités réductrices de pollution. Dans ce cas, nous nous attendons à un coefficient négatif. D'autre part, l'accumulation de ces biens importés peut également favoriser un plus grand investissement dans ces équipements et machines de la part des producteurs étrangers; Si tel est le cas, nous pouvons nous attendre à un coefficient positif pour l'indicateur d'importation. Etant donné l'ambiguïté existant pour cette variable, nous espérons que nos estimations pourront éclaircir la situation.

Par la suite, nous faisons la différentiation totale des quatre équations et divisons chacune d'elles par la variable dépendante qui lui correspond. Nous obtenons ainsi un nouveau système en simultané, représenté par les équations (7.1*) à (7.4*) :

$$(7.1^*) \frac{\dot{E}_{it}}{E_{it}} = e_y \times \frac{\dot{Y}_{it}}{Y_{it}} + e_\tau \times \frac{\dot{\tau}_{it}}{\tau_{it}} + e_\Omega \times \frac{\dot{\Omega}_{it}}{\Omega_{it}} + e_{EX} \times \frac{\dot{EX}_{it}}{EX_{it}} + e_{EM} \times \frac{\dot{EM}_{it}}{EM_{it}}$$

$$= \eta_{E,Y} \times \frac{\dot{Y}_{it}}{Y_{it}} + \eta_{E,\Omega} \times \frac{\dot{\Omega}_{it}}{\Omega_{it}} + \eta_{E,\tau} \times \frac{\dot{\tau}_{it}}{\tau_{it}} + \eta_{E,EX} \times \frac{\dot{EX}_{it}}{EX_{it}} + \eta_{E,EM} \times \frac{\dot{EM}_{it}}{EM_{it}}$$

(+) (+) (-) (?) (?)

$$(7.2^*) \frac{\dot{Y}_{it}}{Y_{it}} = \varphi \times \frac{\dot{EX}_{it}}{EX_{it}} + \alpha \times \frac{\dot{K}_{it}}{K_{it}} + \alpha \nu \times \frac{\dot{EM}_{it}}{EM_{it}} + \beta \times \frac{\dot{L}_{it}}{L_{it}}$$

(+) (+) (+) (+)

$$(7.3^*) \frac{\dot{\Omega}_{it}}{\Omega_{it}} = z_{EX} \times \frac{\dot{EX}_{it}}{EX_{it}} + z_{EM} \times \frac{\dot{EM}_{it}}{EM_{it}} + z_\tau \times \frac{\dot{\tau}_{it}}{\tau_{it}} = \eta_{\Omega,EX} \times \frac{\dot{EX}_{it}}{EX_{it}} + \eta_{\Omega,EM} \times \frac{\dot{EM}_{it}}{EM_{it}} + \eta_{\Omega,\tau} \times \frac{\dot{\tau}_{it}}{\tau_{it}}$$

(?) (?) (-)

$$(7.4^*) \frac{\dot{\tau}_{it}}{\tau_{it}} = t_y \times \frac{\dot{Y}_{it}}{Y_{it}} + t_{denpop} \times \frac{\dot{DENPOR}_{it}}{DENPOR_{it}} + t_{EX} \times \frac{\dot{EX}_{it}}{EX_{it}} + t_{EM} \times \frac{\dot{EM}_{it}}{EM_{it}}$$

$$= \eta_{\tau,Y} \times \frac{\dot{Y}_{it}}{Y_{it}} + \eta_{\tau,DENPOP} \times \frac{\dot{DENPOR}_{it}}{DENPOR_{it}} + \eta_{\tau,EX} \times \frac{\dot{EX}_{it}}{EX_{it}} + \eta_{\tau,EM} \times \frac{\dot{EM}_{it}}{EM_{it}}$$

(+) (+) (+) (?)

Cet ajustement mathématique transforme chaque variable du système en un taux de croissance. Nous distinguons quatre variables endogènes dans ce système : \dot{E}_{it}/E_{it} , \dot{Y}_{it}/Y_{it} , $\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$ et $\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$; Et cinq variables exogènes : \dot{K}_{it}/K_{it} , \dot{L}_{it}/L_{it} , \dot{EX}_{it}/EX_{it} , \dot{EM}_{it}/EM_{it} et $\dot{DENPOR}_{it}/DENPOR_{it}$. Le système est donc identifié. D'un point de vue mathématique, les coefficients estimés à partir de ce nouveau système en simultané sont les élasticités des variables dépendantes par rapport aux variables indépendantes. Grâce à cet arrangement, l'impact indirect du commerce sur l'émission par l'intermédiation des trois effets peut être calculé en multipliant l'élasticité de l'émission par rapport au déterminant économique avec l'élasticité de ce déterminant par rapport à la variation du commerce. A partir du système en simultané ainsi transformé ((7.1*) à (7.4*)), nous récapitulons dans les équations (7.5) et (7.6)

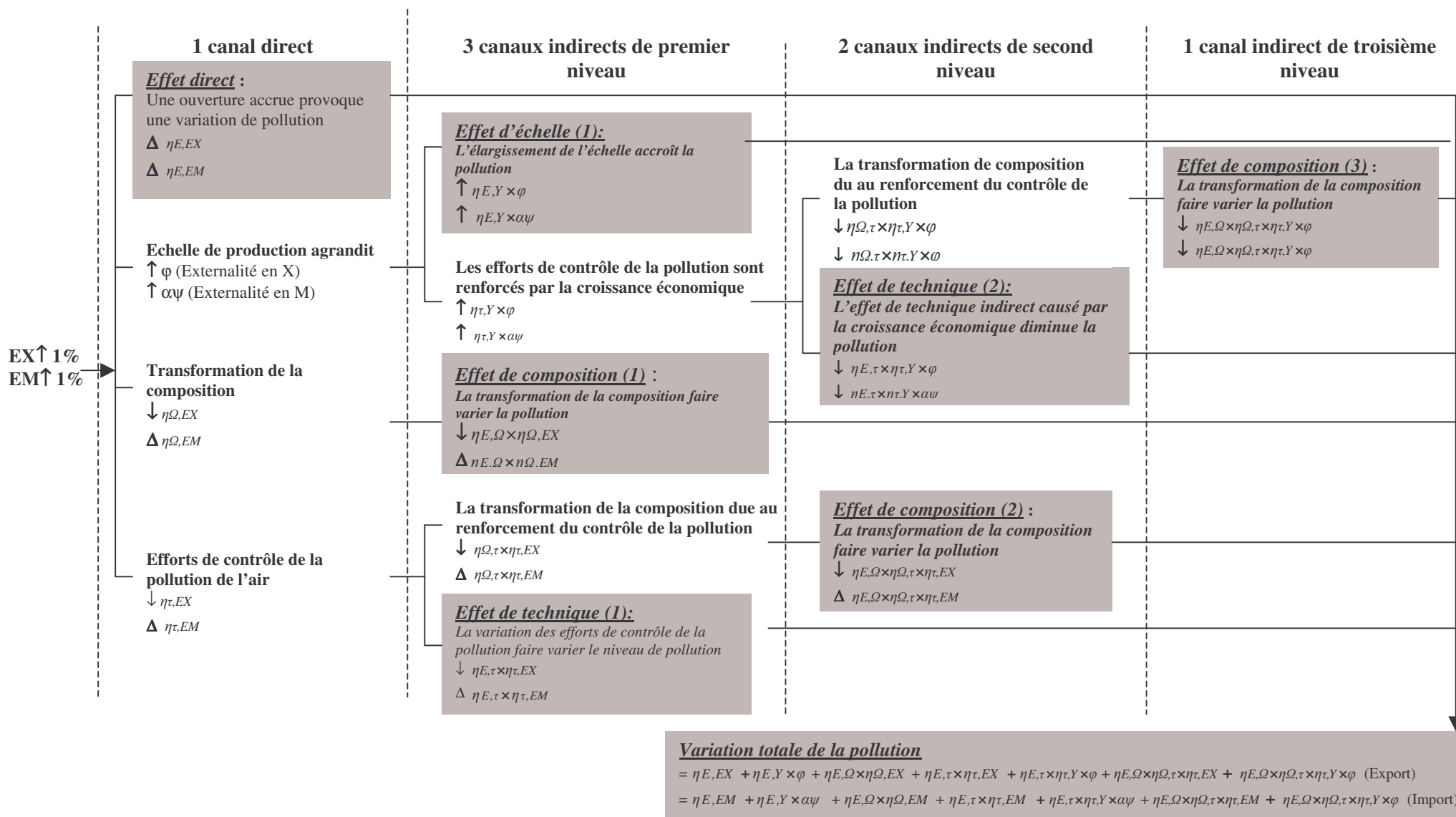
la relation totale des exportations (EX_{it}) et des importations (EM_{it}) avec l'émission (E_{it}) par 6 canaux de transmission classés en 4 catégories : effet direct, d'échelle, de technique et de composition.

Dans les équations (7.5) et (7.6), le premier terme indique l'impact potentiel direct du commerce sur l'émission, estimé à partir de la fonction d'estimation (7.1*). Le deuxième terme saisit l'effet d'échelle. Il représente l'augmentation d'émission qui résulte de la croissance économique catalysée par les externalités positives des exportations et des importations. Les deux termes suivants indiquent les deux canaux à travers lesquels le commerce international modifie l'émission en changeant l'effet de technique. Le premier de ces deux termes montre le lien direct entre le commerce international et l'effet de technique, estimé dans l'équation (7.4*). Le deuxième terme représente un lien plus indirect. Il indique la réduction de pollution qui provient du renforcement de l'effet de technique induit par la croissance économique catalysée par le commerce. Les trois derniers termes des équations (7.5) et (7.6) montrent la modification d'émission liée à l'effet de composition. Le premier terme indique les changements d'émission qui sont dus aux changements dans la composition industrielle, eux-mêmes directement provoqués par une plus grande ouverture au commerce. Les deux derniers termes mesurent les changements d'émission issus de l'impact indirect du commerce sur la composition industrielle (à travers l'ajustement de la croissance économique et de la capacité technique de réduction de la pollution).

$$(7.5) \frac{\partial E}{\partial EX} = \underbrace{\eta_{E,EX}}_{\text{Effet direct (?)}} + \underbrace{\eta_{E,Y} \times \varphi}_{\substack{\text{Effet Echelle} \\ (+)}} + \underbrace{\eta_{E,\tau} \times \eta_{\tau,EX}}_{\substack{\text{Effet} \\ \text{Technique} \\ (-)}} + \underbrace{\eta_{E,\tau} \times \eta_{\tau,Y} \times \varphi}_{\substack{\text{Effet indirect} \\ \text{de technique} \\ \text{entraîné par} \\ \text{croissance économique} \\ (-)}} + \underbrace{\eta_{E,\Omega} \times \eta_{\Omega,EX}}_{\substack{\text{Effet} \\ \text{Composition} \\ (-)}} + \underbrace{\eta_{E,\Omega} \times \eta_{\Omega,\tau} \times \eta_{\tau,EX}}_{\substack{\text{Effet indirect} \\ \text{de composition} \\ \text{enchaîné par} \\ \text{renforcement de} \\ \text{effet technique} \\ (-)}} + \underbrace{\eta_{E,\Omega} \times \eta_{\Omega,\tau} \times \eta_{\tau,Y} \times \varphi}_{\substack{\text{Effet indirect} \\ \text{de composition} \\ \text{enchaîné par} \\ \text{croissance économique} \\ (-)}} \\ \text{Effet Technique (-)} \qquad \qquad \qquad \text{Effet composition (-)}$$

$$(7.6) \frac{\partial E}{\partial EM} = \underbrace{\eta_{E,EM}}_{\substack{\text{Effet direct} \\ (?)}} + \underbrace{\eta_{E,Y} \times \alpha \psi}_{\substack{\text{Effet Echelle} \\ (+)}} + \underbrace{\eta_{E,\tau} \times \eta_{\tau,EM}}_{\substack{\text{Effet} \\ \text{Technique} \\ (?)}} + \underbrace{\eta_{E,\tau} \times \eta_{\tau,Y} \times \alpha \psi}_{\substack{\text{Effet indirect} \\ \text{de technique} \\ \text{enchaîné par} \\ \text{croissance économique} \\ (-)}} + \underbrace{\eta_{E,\Omega} \times \eta_{\Omega,EM}}_{\substack{\text{Effet} \\ \text{Composition} \\ (?)}} + \underbrace{\eta_{E,\Omega} \times \eta_{\Omega,\tau} \times \eta_{\tau,EM}}_{\substack{\text{Effet indirect} \\ \text{de composition} \\ \text{enchaîné par} \\ \text{renforcement de} \\ \text{effet technique} \\ (?)}} + \underbrace{\eta_{E,\Omega} \times \eta_{\Omega,\tau} \times \eta_{\tau,Y} \times \alpha \psi}_{\substack{\text{Effet indirect} \\ \text{de composition} \\ \text{enchaîné par} \\ \text{croissance économique} \\ (-)}} \\ \text{Effet technique (?)} \qquad \qquad \qquad \text{Effet Composition (?)}$$

Schéma 7.1 Illustration des différents canaux de transmission du commerce sur la pollution



Dans le Schéma 7.1, nous employons des cases grisées pour indiquer les impacts relatifs au commerce. Comparé aux modèles d'estimation avec une seule équation qui sont utilisés dans les deux derniers chapitres, notre modèle en simultané permet d'enrichir et d'approfondir notre angle de recherche et nous offre une description structurelle sur plusieurs niveaux du lien entre le commerce et l'environnement. Par conséquent, nous espérons obtenir ici de meilleurs résultats d'estimation.

7.2. Analyse économétrique

7.2.1. Choix des données pour certaines variables indépendantes

Comme toutes les variables actuellement utilisées dans l'estimation de ce modèle en simultané sont en taux de croissance, nous en-rapportons la description statistique dans le Tableau 7.1.

L'effet d'échelle est toujours mesuré par le PIB industriel. Par contre, pour capturer l'évolution de la performance environnementale de l'effet de composition pour chaque province, nous employons l'indicateur synthétique que nous avons déjà introduit dans certaines estimations du Chapitre 6, $\Omega_{it} = \sum_j \frac{Y_{jit}}{Y_{it}} \times e_{j,0}$. Nous utilisons cet indicateur pour deux raisons. D'une part, il est bien plus efficient pour mesurer les performances hétérogènes d'émission de différentes industries appartenant à une même économie que le ratio (K/L). D'autre part, c'est un choix obligatoire pour construire ce système en simultané étant donné que celui-ci exige en même temps que l'effet de composition soit une variable endogène, et que les facteurs de production capital et travail soient exogènes. L'utilisation du ratio (K/L) pour mesurer l'effet de composition ne remplit évidemment pas cette condition.

La mesure de l'effet de technique dans ce système est aussi différente de celle utilisée dans les chapitres précédents. Ceci est dû au fait que dans l'arrangement original du système en simultané, nous avons projeté de vérifier la causalité potentielle entre la croissance économique et les efforts techniques des producteurs pour réduire la pollution, en utilisant la croissance économique comme variable explicative de l'effet de technique. Cependant, utiliser simplement le PIB par tête comme mesure de l'effet de technique risque de créer un biais d'estimation étant donnée la forte corrélation existant entre le PIB par tête et le PIB industriel total. Pour résoudre ce problème, nous utilisons le stock total de capital employé dans les activités de réduction de la pollution atmosphérique au début de chaque année pour mesurer directement les efforts techniques de chaque province dans ce domaine.

Tableau 7.1. Statistiques descriptives

Variables	Données correspondantes	Obs.	Moyenne	Sta. Dev.	Min.	Max.
Variabes endogènes (en niveau)						
E	Emission industrielle de SO ₂ , 1000 tonnes	261	494,49	363,01	16,68	1760,06
Y	PIB industriel réel, 10 ⁹ Yuans, prix constants de 1990	261	70,10	65,90	2,72	353,00
Ω	Indicateur synthétique de composition industrielle	261	24,27	5,53	13,02	44,25
τ	Taux de taxation moyen sur les émissions de SO ₂	261	0,059	0,039	0,011	0,247
Variabes Endogènes (en taux de croissance)						
\dot{E}/E		232	0,025	0,155	-0,337	0,688
\dot{Y}/Y		232	0,120	0,047	-0,059	0,344
$\dot{\Omega}/\Omega$		232	0,041	0,128	-0,254	0,705
$\dot{\tau}/\tau$		232	0,095	0,666	-0,849	8,077
Variabes exogènes (en niveau)						
K	Stock de capital industriel, 10 ⁹ Yuans, prix constants de 1990	261	128,000	125,000	12,200	776,000
L	Personnels et ouvriers employés dans le secteur industriel	261	344,68	249,78	19,60	1002,00
EX	Intensité d'exportation (X/GDP)	261	8,77	15,51	0,21	96,13
EM	Ratio du stock de biens manufacturés importés sur son année de base (KM _t /KM ₁₉₉₂)	261	5,847	4,326	1,158	30,279
$denpop$	Densité de population au km ²	261	357,04	421,29	5,99	2700,20
Variabes exogènes (en taux de croissance)						
\dot{K}/K		232	0,042	0,041	-0,034	0,176
\dot{L}/L		232	-0,022	0,065	-0,300	0,127
\dot{EX}/EX		232	0,090	0,282	-0,461	1,369
\dot{EM}/EM		232	0,284	0,177	0,057	1,309
$\dot{denpop}/denpop$		232	0,012	0,024	-0,099	0,189

Note: (1) À cause du manque de données, le Tibet est exclu de l'échantillon. Toutes les autres provinces ont 9 observations (1993-2001).

(2) Le stock total de capital industriel est calculé par la méthode de l'inventaire permanent en utilisant les valeurs réelles des données d'investissements fixes (aux prix constants de 1990) pour chaque province et chaque année, déflaté par l'indice des prix correspondant aux investissements fixes. Plus de détails sur cette méthode sont dans Wu (1999).

(3) Le stock de capital utilisé pour traiter la pollution industrielle de l'air est calculé par la simple accumulation de la valeur réelle des investissements dans le traitement de cette pollution au début de chaque année (aux prix constants de 1990), déflaté par l'indice des prix aux investissements fixes. Source des données : *China Environment Yearbook* (1987-1997) et *China Environmental Statistic Yearbook* (1998-2002).

(4) Les données d'exportation sont au niveau provincial et non au niveau des secteurs industriels. Etant donné que ce qui nous intéresse est l'externalité des exportations et son impact sur la pollution à travers les trois effets, nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire d'utiliser les données correspondantes au niveau industriel pour atteindre notre objectif.

(5) Le niveau annuel de biens manufacturés importés par province est calculé par l'auteur à partir des rapports statistiques au niveau provincial dans *Almanac of China's Foreign Economic Relationship and Trade* (1984-2001).

(6) La construction de l'effet de composition est basé sur les statistiques détaillées des secteurs industriels fournies par le *Chinese Industrial Economic Statistics Yearbook* de 1985 à 2002.

(7) Les autres données proviennent du *China Statistic Yearbook* (1985-2004).

7.2.2. Méthode empirique

Basé sur un modèle en simultané et sur des données de panel au niveau provincial, notre analyse empirique doit faire attention à trois biais potentiels d'estimation. Les deux premiers proviennent des caractéristiques du panel dynamique de notre base de données. D'un côté, à partir des résultats d'estimation que l'on a obtenu dans les chapitres précédents, nous devons pour capturer l'effet spécifique invariable dans le temps, utiliser un estimateur à effet fixe pour chaque province. D'un autre côté, nous avons également besoin de faire attention au problème de l'auto-corrélation potentielle à l'intérieur de chaque province. Ces considérations exigent par conséquent que nous utilisions pour chaque équation l'estimateur dynamique en GMM proposé par Blundell et Bond (1998).

Ce nouvel estimateur est issu des développements d'Anderson et Hsiao (1982) et d'Arellano et Bond (1991). Il propose d'inclure dans la partie droite de chaque fonction la variable dépendante retardée d'une période pour éliminer la corrélation sérielle de premier ordre dans les résidus. En même temps, pour traiter l'effet fixe invariable dans le temps, on réalise une transformation en première différence comme cela est suggéré par Arellano et Bond (1991). Par conséquent la forme de la fonction d'estimation pour chaque équation devient : $y_{it} - y_{i,t-1} = \rho(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + (x'_{it} - x'_{i,t-1})\beta + (\varepsilon_{it} - \varepsilon_{i,t-1})$, où y_{it} indique la variable dépendante, x_{it} le vecteur des variables indépendantes et ε_{it} le résidu. Alors que l'auto-corrélation et l'effet fixe sont éliminés de la nouvelle fonction d'estimation, la différence de la variable endogène retardée ($y_{i,t-1} - y_{i,t-2}$) apparaît comme clairement corrélée avec le terme d'erreur ($\varepsilon_{it} - \varepsilon_{i,t-1}$), soit $y_{i,t-1} - y_{i,t-2} = \rho(y_{i,t-2} - y_{i,t-3}) + (x'_{i,t-1} - x'_{i,t-2})\beta + (\varepsilon_{i,t-1} - \varepsilon_{i,t-2})$ et $E(dy_{i,t-1}d\varepsilon_{it}) \neq 0$. Par conséquent, l'estimateur sera biaisé. Arellano et Bond (1991) suggèrent donc d'utiliser toutes les restrictions de moments additionnels disponibles pour augmenter le nombre d'instruments, ce qui signifie que les instruments pour les variables endogènes retardées ($y_{i,t-1} - y_{i,t-2}$) sont devenus $y_{i,t-2}, y_{i,t-3}, y_{i,t-4}, \dots, y_{i1}$.

Les principaux développements de Blundell et Bond (1998) par rapport à Arellano et Bond (1991) proviennent de l'innovation dans la méthode d'instrumentation et de leurs suggestions pour utiliser l'information supplémentaire en différence comme des instruments. « Cette combinaison des restrictions des moments en différence avec celles en niveau se constitue l'estimateur GMM système qui est souvent appelé l'estimateur de Arellano et Bond » (Behr, 2003). La concrétisation de cette méthode d'estimation signifie que pour chacune des quatre équations de notre système, nous employons à la fois une fonction de

première différence et une forme fonctionnelle en niveau dans l'estimation, en obligeant le coefficient d'une même variable à être le même dans ces deux fonction d'estimation. La variable endogène retardée $(y_{i,t-1}-y_{i,t-2})$ dans la fonction en première différence va donc être instrumentée par le moment en niveau $y_{i,t-2}, y_{i,t-3}, \dots, y_{i,2}, y_{i,1}$ et la variable endogène retardée $y_{i,t-1}$ par les moments en différence $(y_{i,t-2}-y_{i,t-3}), (y_{i,t-3}-y_{i,t-4}), \dots, (y_{i,2}-y_{i,1})$.

Le troisième biais potentiel est relatif au système en simultané. Face au problème de l'inter-corrélation entre les variables endogènes du système, nous suspectons l'existence d'une corrélation entre les résidus des différentes fonctions, ce qui signifierait $cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) \neq 0$, $i \neq j$, avec i et j indiquant les différentes équations du système. L'existence de cette corrélation pourrait provoquer des résultats biaisés dans l'estimation qui est séparément appliquée sur chaque de nos équations simples. Par conséquent, nous devons employer l'estimateur traditionnel des GMM pour le système en simultané, ce qui permet de contrôler la matrice de covariance de l'ensemble des quatre résidus du système par l'instrumentation de toutes les variables endogènes avec toutes les variables exogènes disponibles du système.

Malheureusement, il n'existe pas encore de commande économétrique qui combine l'estimateur traditionnel du GMM pour système en simultané avec l'estimateur en GMM-système de Blundell et Bond pour des données de panel dynamiques. Toutefois, la méthode d'instrumentation développée par Balestra et Nerlove (1966) et Sevestre et Trognon (1996) indique une façon compatible d'effectuer l'instrumentation de Blundell et Bond en deux étapes séparées, ce qui nous permet finalement de combiner pour l'ensemble du système la méthode d'instrumentation de Blundell et Bond (1998) avec l'estimateur traditionnel du GMM pour le système d'équations en simultanées.

L'estimation est donc effectuée en deux étapes. Dans la première étape, nous instrumentons séparément chacune des quatre variables dépendantes retardées du système, à la fois en niveau et en première différence, année par année, par tous les moments disponibles des instruments (Sevestre et Trognon, 1996). Dans la deuxième étape, nous incluons les variables dépendantes retardées instrumentées en tant que variables exogènes dans leurs fonctions d'estimations correspondantes pour réaliser l'estimation en GMM pour le système en simultané, où les variables endogènes du système sont ensuite instrumentées par toutes les variables exogènes du système. Dans la pratique, nous estimons chacune des quatre équations en première différence et en niveau en obligeant les coefficients d'une même variable à avoir toujours la même valeur.

7.2.3. Résultats de l'estimation pour le système d'équations en simultanées

Le Tableau 7.2 donne les résultats de l'estimation en système. Le résultat global du système est satisfaisant. La plupart des coefficients montrent les signes prévus et ont une forte significativité. La spécification du test de Hausman (1978) indique que les conditions d'orthogonalité des instruments utilisés pour les variables endogènes retardées sont respectées. La J-statistique montre également l'efficacité de l'instrumentation utilisée pour l'ensemble du système. L'ajout de variables dépendantes retardées du côté droit des équations a également dans de nombreux cas éliminé avec succès le problème de l'auto corrélation. La faible covariance résiduelle inter-équation indique la grande efficacité de l'estimateur GMM pour le système en simultané. Pour comparer, nous régressons aussi le système en simultané par l'estimateur de 3SLS (3-Stage Least Square). Les résultats ne sont pas affectés par ici le choix des méthodes d'estimations, mais ceux qui sont obtenus avec le GMM montrent une convergence plus importante.

Regardons la partie de Tableau 7.2 qui illustre les résultats avec GMM. La première colonne donne les résultats de l'estimation pour les déterminants économiques de l'émission industrielle de SO₂. Les signes et la significativité des trois grands déterminants économiques de l'émission de SO₂ confirment la prévision théorique de la décomposition de Grossman (1995). Particulièrement en ce qui concerne l'indicateur synthétique de composition, qui pour la première fois dans cette thèse obtient un coefficient significativement positif. De même, la tentative de détecter séparément les impacts des importations et des exportations sur l'émission montre pour une seconde fois son efficacité, nous trouvons des signes significatifs mais opposés pour les exportations et les importations. L'exportation semble exercer un impact direct sur la détérioration de l'environnement. Ainsi, si le ratio annuel des exportations par rapport au PIB augmente de 1%, l'émission totale devrait augmenter de 0,115%. Par contre, pour ce qui est des importations, il semble qu'une accélération de celles-ci soit favorable à l'environnement. Une augmentation de 1% de son stock par rapport à l'année de base de 1992 devant conduire à une réduction des émissions industrielles de SO₂ de 0,382%.

Le résultat de l'estimation de la fonction de production confirme l'externalité positive des exportations et des importations. Le paramètre de l'externalité des exportations sur la productivité totales des facteurs ϕ est de 0,020, alors que celui des importations ψ approche 0,153.¹ Comparées aux élasticités des externalités d'exportation et d'importation (généralement supposées égales à 0,1) qui sont employées dans plusieurs études en EGC sur

¹ Le paramètre de l'externalité des importations ne peut pas être directement obtenu à partir des résultats estimés, le coefficient du tableau montre en réalité $\alpha\psi$. Donc, $\psi = \alpha\psi / \alpha = 0,039 / 0,273 = 0,153$.

des pays asiatiques (de Melo et Robinson (1990) pour la Corée du Sud et Rodrigo et Thorbecke (1996) pour l'Indonésie), l'élasticité de l'externalité des importations estimée à partir de l'économie industrielle de la Chine montre une bonne cohérence, ce qui n'est pas le cas pour les exportations avec une élasticité plus faible.

Le coefficient négatif de la variable d'exportation dans l'équation de l'effet de composition confirme le rôle dominant de l'avantage comparatif de la dotation en facteurs dans la détermination de l'impact de la composition. Avec une augmentation de 1% du ratio exportations/PIB, la pollution causée par l'effet de composition est réduite de 0,078%. Nous trouvons cependant un coefficient significativement positif pour le ratio d'importation. Ceci semble confirmer notre soupçon que les importations doivent être plus souvent considérées, pour le cas de la Chine, comme un instrument du gouvernement chinois visant à supporter sa stratégie de développement des industries lourdes. En ce qui concerne l'effet de technique, alors que nous trouvons les coefficients négatifs attendus dans nos deux estimations, sa faible significativité (surtout dans l'estimation avec GMM) indique l'inefficacité ou l'ambiguïté potentielle de ce canal de transmission. D'un côté, nous suspectons d'une endogénéité de l'effet de technique par rapport à l'effet de composition. En effet, bien que nous utilisions le stock de capital destiné aux activités de réduction de la pollution de l'air disponible au début de chaque période pour mesurer l'effet de technique dans nos analyses, nous ne pouvons pas totalement ignorer l'impact potentiel de la structure industrielle sur l'amplitude des efforts de réduction de la pollution, surtout quand nous regardons ce lien sous l'angle du long-terme. D'un autre côté, cette faible significativité de l'effet de technique est peut-être due au simple fait que les efforts de réduction de la pollution ne constituent pas encore un facteur déterminant significatif dans la décision d'investissement, donc il n'agit pas de façon évidente sur l'effet de composition. Ainsi, nous régressons à nouveau notre système en enlevant de l'équation de composition le terme de l'effet de technique. Ces résultats sont rapportés dans le Tableau 7.3. Clairement, le changement dans la structure de notre système d'équations n'affecte pas la conclusion que nous pouvons tirer de Tableau 7.2, ce qui confirme une fois de plus la stabilité de notre système d'équations.

La dernière colonne du Tableau 7.2 montre les déterminants potentiels de l'effet de technique en Chine. Comme prévu, le plus grand effort de contrôle de la pollution est positivement corrélé avec la croissance économique et l'augmentation de la densité de population. Une augmentation de 1% du PIB industriel conduit à une hausse de 0.609% du stock du capital destiné aux activités de réduction de la pollution, et une augmentation de 1% de la densité de population accroît l'effet de technique de 0,257%. Ces résultats significatifs

permettent d'expliquer partiellement l'apparition relativement précoce du point de retournement de la CKE que nous avons pu observer au Chapitre 2. Si on en vient à l'impact du commerce sur l'effet de technique, seules les exportations montrent un coefficient significativement positif de 0,044. Cela confirme l'hypothèse que faire face à la concurrence externe est un facteur positif qui encourage les producteurs à investir dans les activités de réduction de la pollution. Par contre, nous ne trouvons pas de coefficient significatif pour les importations.

Le Schéma 7.2 complète le Schéma 7.1 en introduisant les coefficients estimés par la méthode GMM dans le Tableau 7.2.¹ Alors que les exportations et les importations jouent un rôle positif dans l'élargissement de l'échelle de production, leur impact est très différent pour les effets de composition et de technique. Au final, les impacts sur l'environnement de ces deux variables sont complètement opposés. Pour une augmentation de 1% du ratio exportations/PIB, le changement total de l'émission industrielle de SO₂ issu des 6 canaux sera de -0,094%, alors que pour une augmentation de 1% du stock de biens manufacturés importés on aura une variation positive de 0,159%. Par conséquent, l'exportation est un facteur favorable à l'environnement, ce qui n'est pas le cas de l'importation. A partir du Schéma 7.2, on voit que la réduction des émissions issue des exportations est due à son impact sur les effets de technique et de composition, alors que pour les importations, son rôle défavorable à l'environnement provient principalement de son impact sur les effets d'échelle et de composition.

¹ A titre de comparaison, nous illustrons aussi les résultats de la méthode avec GMM du Tableau 7.3 dans l'Annexe. Les impacts des rôles totaux des exportations et des importations sont assez stables, bien que certains canaux de transmission disparaissent de schéma 7.A.

Tableau 7.2. Résultats de l'estimation du modèle en simultané (GMM pour système en simultané, effet fixe, 29 provinces sur 9 années, 203 observations)

Variables	3SLS				GMM Dynamique			
	\dot{E}_{it}/E_{it}	Effet d'échelle	Effet de composition	Effet de technique	\dot{E}_{it}/E_{it}	Effet d'échelle	Effet de composition	Effet de technique
		\dot{Y}_{it}/Y_{it}	$\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$	$\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$		\dot{Y}_{it}/Y_{it}	$\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$	$\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$
\dot{E}_{it}/E_{it} retardé	-0,193*** (3,1833)				-0,441*** (6,528)			
\dot{Y}_{it}/Y_{it} retardé		0,664*** (19,284)				0,707*** (17,908)		
$\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$ retardé			-0,075** (2,079)				-0,253*** (4,341)	
$\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$ retardé				0,686*** (10,096)				0,485*** (7,046)
\dot{Y}_{it}/Y_{it}	2,635*** (3,145)			0,353*** (3,569)	2,217*** (2,908)			0,609*** (6,134)
$\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$	2,667*** (5,549)				2,098*** (4,528)			
$\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$	-1,152** (2,214)		-0,156* (1,870)		-1,266*** (2,602)		-0,112 (1,280)	
\dot{K}_{it}/K_{it}		0,282*** (5,829)				0,255*** (5,763)		
\dot{L}_{it}/L_{it}		-0,041° (1,559)				0,023 (0,967)		
\dot{EX}_{it}/EX_{it}	0,130** (2,498)	0,025*** (3,419)	-0,030 (1,162)	0,054*** (4,465)	0,115** (2,571)	0,020*** (3,423)	-0,078*** (3,366)	0,043*** (2,606)
\dot{EM}_{it}/EM_{it}	-0,763*** (4,723)	0,025** (1,921)	0,270*** (6,511)	-0,021 (0,987)	-0,382*** (2,420)	0,039** (2,509)	0,249*** (4,899)	0,004 (0,271)
$\dot{denpop}_{it}/denpop_{it}$				0,418*** (4,006)				0,249*** (3,664)
Hausman (première différence)	17,99 (0,006)	25,71 (0,000)	11,36 (0,010)	4,94 (0,432)	17,99 (0,006)	25,71 (0,000)	11,40 (0,023)	4,94 (0,432)
Hausman (niveau)	9,46 (0,149)	6,84 (0,233)	6,16 (0,104)	0,31 (0,997)	9,46 (0,149)	6,84 (0,233)	6,76 (0,149)	0,31 (0,997)
Autocorrélation ($\hat{\rho}$)	-0,570*** (8,93)	-0,559*** (10,50)	-0,501*** (8,34)	-0,214*** (2,91)	-0,535*** (8,21)	-0,555*** (10,11)	-0,415*** (6,50)	-0,178*** (2,53)
J-statistic		--				0,612		
Covariance résiduelle		1,48×10 ⁻¹⁸				2,92×10 ⁻¹⁸		

Notes : (1) *** indique une significativité à 99%, ** une significativité à 95% et * une significativité à 90%. (2) Comme l'effet fixe de chaque province est éliminé par la transformation en première différence et que la corrélation sérielle entre les observations d'une même province est également contrôlée par l'inclusion de variables dépendantes retardées instrumentées dans la partie droite des équations, le système en simultané de ce papier est estimé par l'estimateur en GMM pour système d'équations. L'hétéroscédasticité est corrigée par la matrice de covariance de l'hétéroscédasticité de White. (3) Le test d'identification de l'équation en niveau est celui de Hausman. Il vérifie la validité des instruments utilisés pour les variables dépendantes retardées. (4) Le test d'auto corrélation est celui de Wooldridge (2002), p.282-283. C'est un simple test de la corrélation sérielle potentielle d'une estimation en différence première sur T-2 périodes de l'équation suivante : $\hat{e}_{it} = \hat{\rho} \hat{e}_{i,t-1} + error_{it}$, t=3,4,...,T; i=1,2,...,N. Quand la valeur du coefficient $\hat{\rho}$ approche -0,5, cela garantit une matrice de variance robuste pour l'estimateur en première différence. (5) La J-statistique sert à vérifier la validité de tous les instruments utilisés dans l'estimateur GMM de système en simultané. Multiplier la J-statistique avec le nombre d'observations 126,27=0,622×203 donne une approximation de la valeur du Chi-2, ce qui peut ensuite être utilisé dans la statistique de test de Sargan. Etant donné que le nombre d'instruments utilisés dans ce système s'élève à 236 (les instruments pour les variables dépendantes retardées étant aussi incluses), la probabilité pour ce Chi-2 d'être inférieur à la valeur critique 183.79 est de 1,000.

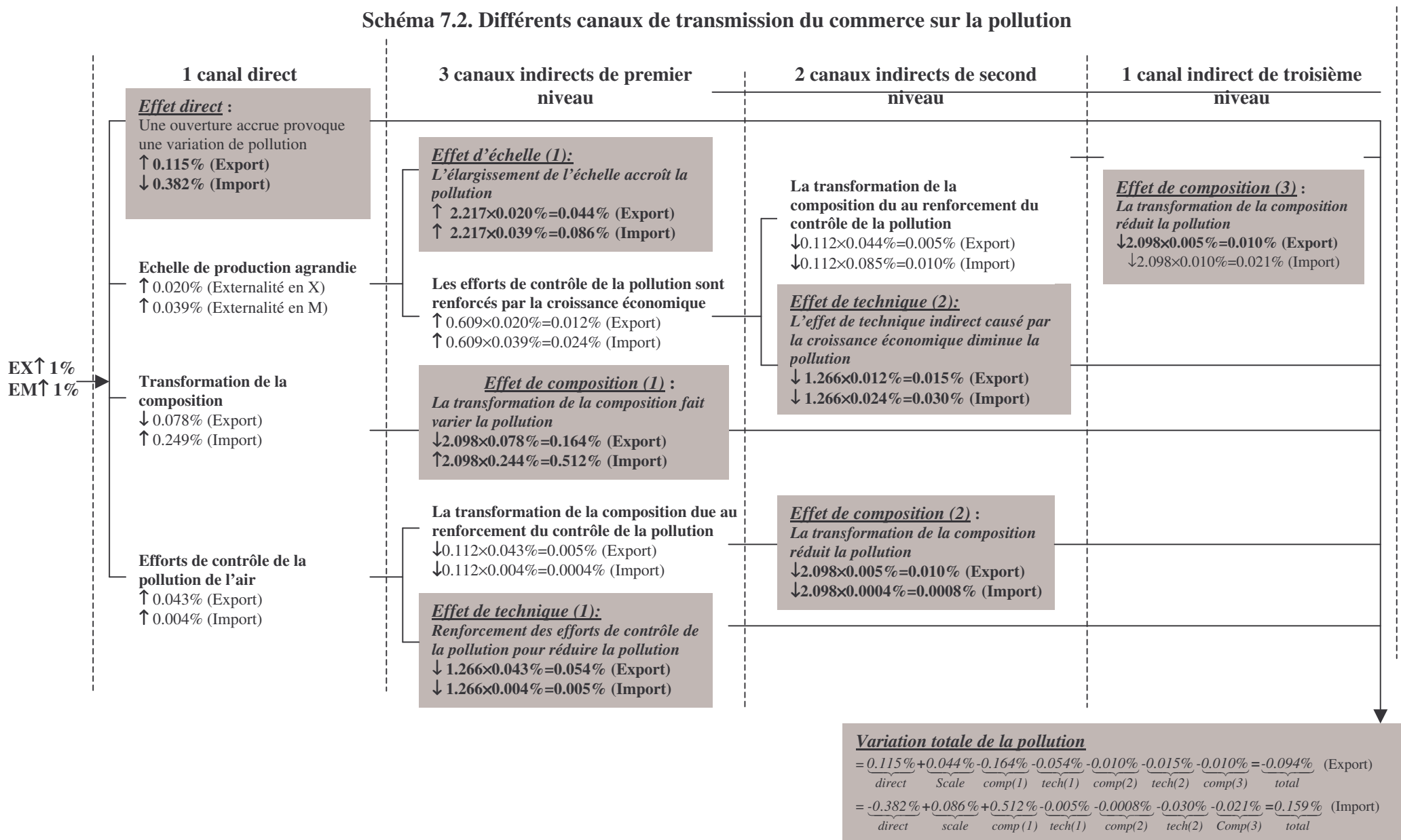
Tableau 7.3. Résultats de l'estimation du modèle en simultané (GMM pour système en simultané, effet fixe, 29 provinces sur 9 années, 203 observations)

Variables	3SLS				GMM Dynamique			
	\dot{E}_{it}/E_{it}	Effet d'échelle \dot{Y}_{it}/Y_{it}	Effet de composition $\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$	Effet de technique $\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$	\dot{E}_{it}/E_{it}	Effet d'échelle \dot{Y}_{it}/Y_{it}	Effet de composition $\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$	Effet de technique $\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$
\dot{E}_{it}/E_{it} retardé	-0,182*** (2,993)				-0,435*** (6,427)			
\dot{Y}_{it}/Y_{it} retardé		0,655*** (19,555)				0,711*** (19,279)		
$\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$ retardé			-0,073** (2,016)				-0,236*** (4,162)	
$\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$ retardé				0,718*** (10,306)				0,484*** (7,010)
\dot{Y}_{it}/Y_{it}	2,303*** (2,755)			0,379*** (3,576)	2,026*** (2,654)			0,609*** (8,376)
$\dot{\Omega}_{it}/\Omega_{it}$	2,580*** (5,373)				2,067*** (4,502)			
$\dot{\tau}_{it}/\tau_{it}$	-1,012** (1,978)				-1,097** (2,313)			
\dot{K}_{it}/K_{it}		0,272*** (5,806)				0,258*** (6,139)		
\dot{L}_{it}/L_{it}		-0,040° (1,566)				0,021 (1,112)		
\dot{EX}_{it}/EX_{it}	0,129** (2,495)	0,026*** (3,459)	-0,038° (1,437)	0,057*** (4,642)	0,115** (2,575)	0,021*** (3,462)	-0,083*** (3,571)	0,044*** (2,662)
\dot{EM}_{it}/EM_{it}	-0,704*** (4,453)	0,029** (2,296)	0,205*** (9,441)	-0,023 (1,108)	-0,395*** (2,575)	0,037*** (2,715)	0,203*** (8,376)	0,005 (0,310)
$\dot{denpop}_{it}/denpop_{it}$				0,362*** (3,603)				0,257*** (3,760)
Hausman (première différence)	17,99 (0,006)	25,71 (0,000)	11,36 (0,010)	4,94 (0,432)	17,99 (0,006)	25,71 (0,000)	11,36 (0,010)	4,94 (0,432)
Hausman (niveau)	9,46 (0,149)	6,84 (0,233)	6,16 (0,104)	0,31 (0,997)	9,46 (0,149)	6,84 (0,233)	6,16 (0,104)	0,31 (0,997)
Autocorrélation ($\hat{\rho}$)	-0,577*** (9,11)	-0,559*** (10,52)	-0,498*** (8,21)	-0,219*** (2,94)	-0,541*** (8,35)	-0,555*** (10,12)	-0,419*** (6,54)	-0,178*** (2,53)
J-statistic		--				0,612		
Covariance résiduelle		$1,36 \times 10^{-18}$				$2,78 \times 10^{-18}$		

Notes : (1) *** indique une significativité à 99%, ** une significativité à 95% et * une significativité à 90%. (2) Comme l'effet fixe de chaque province est éliminé par la transformation en première différence et que la corrélation sérielle entre les observations d'une même province est également contrôlée par l'inclusion de variables dépendantes retardées instrumentées dans la partie droite des équations, le système en simultané de ce papier est estimé par l'estimateur en GMM pour système d'équations. L'hétéroscédasticité est corrigée par la matrice de covariance de l'hétéroscédasticité de White. (3) Le test d'identification de l'équation en niveau est celui de Hausman. Il vérifie la validité des instruments utilisés pour les variables dépendantes retardées. (4) Le test d'auto corrélation est celui de Wooldridge (2002), p.282-283. C'est un simple test de la

corrélation sérielle potentielle d'une estimation en différence première sur T-2 périodes de l'équation suivante : $\hat{e}_{it} = \hat{\rho} \hat{e}_{i,t-1} + error_{it}$, $t=3,4,\dots,T$; $i=1,2,\dots,N$. Quand la valeur du coefficient $\hat{\rho}$ approche -0,5, cela garantit une matrice de variance robuste pour l'estimateur en première différence. (5) La J-statistique sert à vérifier la validité de tous les instruments utilisés dans l'estimateur GMM de système en simultané. Multiplier la J-statistique avec le nombre d'observations $126,27=0,622 \times 203$ donne une approximation de la valeur du Chi-2, ce qui peut ensuite être utilisé dans la statistique de test de Sargan. Etant donné que le nombre d'instruments utilisés dans ce système s'élève à 236 (les instruments pour les variables dépendantes retardées étant aussi incluses), la probabilité pour ce Chi-2 d'être inférieur à la valeur critique 183,79 est de 1,000.

Schéma 7.2. Différents canaux de transmission du commerce sur la pollution



7.3. Conclusion

Afin de saisir l'endogénéité potentielle des trois déterminants structurels de l'émission industrielle de SO_2 par rapport au commerce international et les interactions entre eux, nous avons ici construit un système d'équations simultanées. Dans ce système, les impacts du commerce sur l'environnement sont saisis de façon structurelle. Dans un premier temps, le système permet de capturer l'effet direct de commerce sur l'émission par une fonction de détermination de l'émission de SO_2 . Ensuite, les impacts du commerce sur l'émission à travers ses interventions sur l'échelle de production, la composition industrielle et les efforts de protection de l'environnement sont capturés par les fonctions de détermination de ces trois effets. De plus, ce système d'équations simultanées nous offre aussi la possibilité d'étudier les impacts indirects du commerce sur l'environnement à travers les interactions entre les trois effets. Grâce à ce système, Nous pouvons ainsi avoir une idée plus structurelle et plus claire de l'impact séparé des exportations et des importations sur l'environnement.

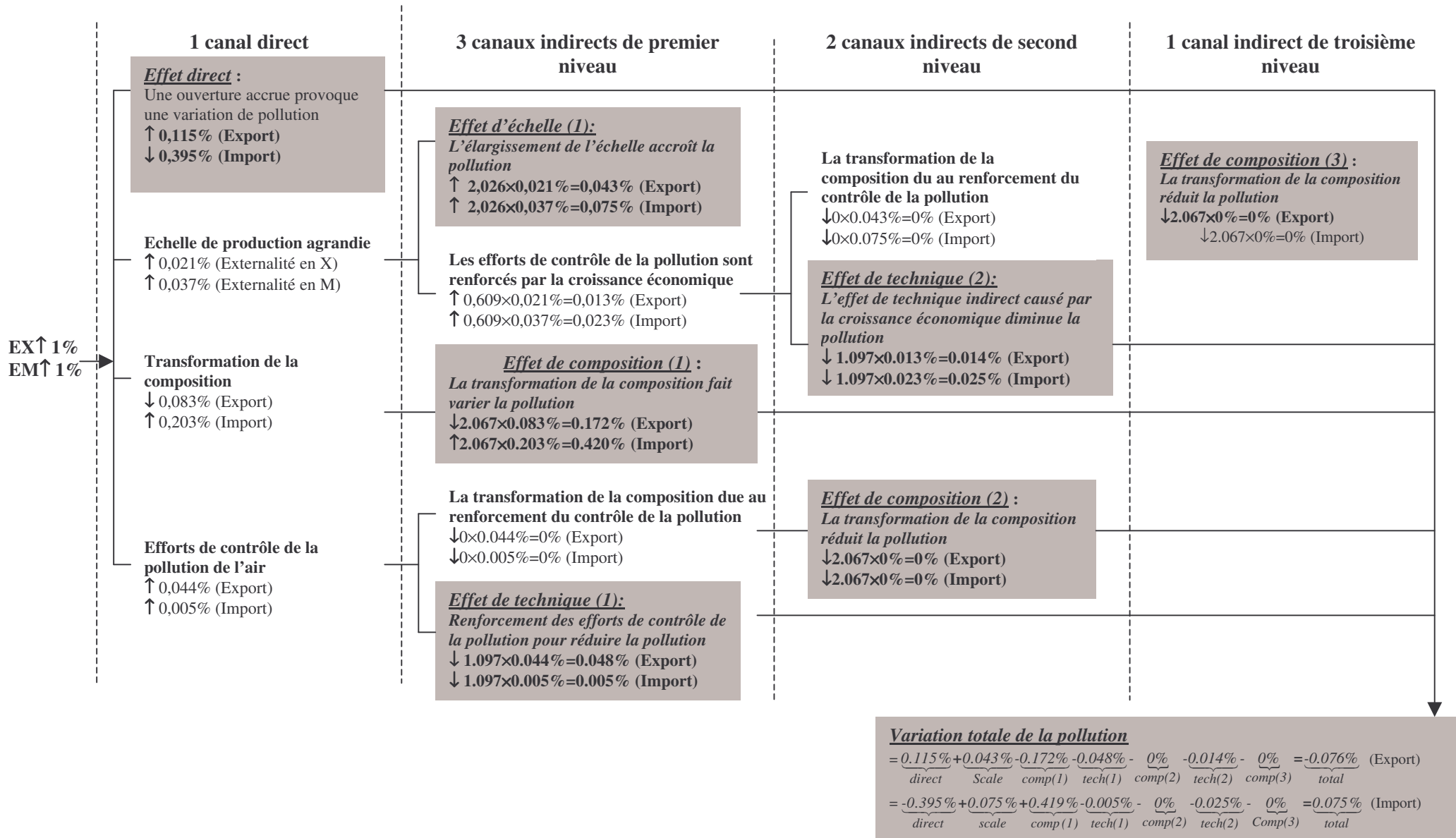
Nos résultats révèlent d'abord des impacts directs des exportations et importations sur l'émission, qui sont tous deux très importants mais de sens opposés. Alors que nous trouvons un rôle positif des exportations sur l'environnement, celui des importations semble être néfaste.

Ces deux impacts directs sont ensuite contrebalancés/accrûs par leurs impacts indirects à travers les trois déterminants structurels de l'émission. Tout d'abord, nos résultats confirment l'existence d'effets de « spillover » des exportations et des importations sur la croissance économique, ce qui conduit à plus d'émission. Cependant, au niveau de l'effet de composition, nos résultats indiquent aussi que l'ouverture au commerce ne conduit pas la Chine à se transformer en un « havre de pollution », la tendance à une augmentation de la pollution est ici plutôt provoquée par une stratégie de développement industriel qui utilise les importations pour faciliter l'incorporation d'équipements et de machines étrangères dans certaines industries lourdes stratégique mais polluantes. Dans ce cas, la participation de la Chine au système international de division de la production l'aide à alléger l'augmentation potentielle de pollution que son procédé stratégique de développement industriel pourrait présumer. En ce qui concerne l'effet de technique, nous ne pouvons pas non plus confirmer l'hypothèse de « racing to the bottom ». Ainsi, grâce à la concurrence accrue du marché mondial, l'effort technique des Chinois pour produire de façon moins polluante se retrouve renforcé. Notre système d'équations simultanées également relève ici un renforcement certain

des efforts techniques de réduction de la pollution induits par de la croissance économique issue du commerce international.

En combinant les impacts directs du commerce international avec ses impacts indirects, la conclusion finale de ce chapitre montre que, à l'instar des résultats obtenus dans la littérature empirique (ACT, 2001), l'impact total du commerce international sur l'émission industrielle de SO₂ reste relativement petit. Nous trouvons par ailleurs un effet totalement opposé des exportations et des importations sur la détermination de l'émission industrielle de SO₂. Une augmentation de 1% de l'intensité des exportations par rapport au PIB total *réduit* ainsi l'émission industrielle de SO₂ de 0,094%, alors qu'une même augmentation du stock d'équipements et de machines importés l'*accroît* de 0,159%.

Schéma 7.A. Différents canaux de transmission du commerce sur la pollution (Annexe)



PARTIE 3. SOUTENABILITE DE LA CROISSANCE ECONOMIQUE CHINOISE

Dans les Parties 1 et 2 de cette thèse, nous avons discuté séparément de la relation de la qualité de l'environnement chinois avec sa croissance économique et le commerce international. Ces deux groupes d'études indiquent que la croissance économique et le processus d'industrialisation de la Chine ont un impact négatif sur l'environnement, alors que le commerce international (notamment les exportations, dont l'impact sur l'environnement reste très complexe du point de vue structurel), exerce un effet positif, même s'il reste assez faible. Face à la croissance économique future, au processus d'industrialisation et à la tendance de globalisation, nous sommes naturellement très intéressés par le problème de la soutenabilité de la croissance économique chinoise. La poursuite d'une vie meilleure et d'une structure économique moins vulnérable peut-elle mettre en danger la capacité de croissance à long terme de la Chine ? Quel est le coût environnemental potentiel de la stratégie industrielle et économique chinoise ? Quelle serait la variation de coût qui résulterait d'un processus plus ouvert de développement économique ? Et finalement, quel sera l'impact du coût environnemental sur la capacité future de croissance économique de la Chine ? Pour répondre à certaines de ces questions, nous allons tout d'abord effectuer une analyse synthétique basée sur un modèle d'Equilibre Général Calculable (EGC). Dans ce modèle, les relations entre le commerce, la croissance économique et l'environnement vont être modélisées et calibrées selon les résultats d'estimation obtenus dans les chapitres précédents. Le coût environnemental potentiel au cours de cette période sera quant à lui numérisé et décomposé, ce qui nous permettra d'illustrer le contraste des forces entre l'incidence de la croissance économique et du commerce international sur l'environnement. Ensuite, nous étudierons, dans le deuxième chapitre de cette partie, l'effet potentiel de «feedback» de l'émission industrielle de SO₂ sur la situation de santé publique en Chine. Cette étude devrait nous aider à établir les perspectives sur la capacité de croissance future de l'économie chinoise par rapport à son problème de pollution.

Chapitre 8. Coût économique de la nouvelle politique chinoise du dioxyde de soufre lors de son accession graduelle à l'OMC - Une analyse synthétique basée sur un modèle d'Equilibre Général Calculable¹

Au moment de son entrée dans le vingt et unième siècle, la Chine fait face à des défis et à des opportunités dans le domaine de l'économie et de l'environnement qui sont sans précédents. D'une part, selon les articles du GATT (1994), la Chine a commencé depuis le début de l'année 2002 à mettre graduellement en application ses engagements pour accéder à l'OMC. De fortes réductions de tarifs, de subventions et l'élimination progressive des barrières non tarifaires sont ainsi prévues au cours des 15 années à venir, avec les changements les plus importants programmés pour se produire pendant les 10 premières années. Cet approfondissement du processus d'ouverture va inévitablement avoir un impact sur la croissance économique, la transformation de la structure industrielle, le progrès technique et la situation environnementale de la Chine. D'autre part, en juin 2001, l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement de la Chine (ANPE) a appelé à une réduction supplémentaire de l'émission annuelle totale de SO₂ de 10% pour l'ensemble de la nation, et de 20% dans deux zones de contrôle (zone de contrôle des pluies acides et zone de contrôle de l'émission de SO₂) pour l'année 2005 par rapport au volume d'émission de SO₂ de l'année 2000.² Avec la chevauchement de la mise en application de la politique d'ouverture et de la nouvelle politique du dioxyde de soufre entre 2001 et 2005, nous disposons d'un contexte politique idéal pour analyser le lien entre le commerce et l'environnement en Chine.

¹ Un papier tiré de ce chapitre est publié dans *China Economic Review*, 2005, à paraître. Cette partie de recherche a été aussi financée par le « Doctoral Fieldwork Award » de EEPSEA (Environmental and Economic Program for Southeast Asia, Singapore) de CRDI (Centre de Recherches pour le Développement International) au Canada. Une version plus complète de cette partie de recherche sera aussi publiée dans les séries des rapports techniques de l'EEPSEA/CRDI.

² *Beijing Environment, Science and Technology update*, 14 juin 2002.

Etant donné que le futur plafond d'émission de SO₂ fixé par la nouvelle politique du dioxyde de soufre est basé sur le niveau d'émission de l'année 2000, la Chine devra, pour atteindre cet objectif politique, réduire à la fois la croissance des émissions provoquée par la croissance normale de l'économie (dans un scénario de «Business as Usual») et la variation d'émissions supplémentaires provoquée par son accession à l'OMC. Si l'émission de SO₂ de la Chine se réduit grâce au processus de libéralisation commerciale, nous devrions nous attendre à ce que la nouvelle politique du dioxyde de soufre soit moins coûteuse pour la croissance économique. Au contraire, si l'émission de SO₂ s'accroît, nous pourrions dire que l'ouverture accentue le problème de pollution en Chine. Dans ce cas, la nouvelle politique visant à la réduction de la pollution coûtera plus cher pour l'économie chinoise.

Réaliser une étude sur les relations entre la croissance économique, le commerce et l'environnement qui soit spécifique à la Chine exige de prendre en considération, autant que possible, la complexité de l'économie chinoise. Au cours des huit dernières années, une série d'études se concentrant sur ces relations pour les pays en voie de développement a pu émerger grâce au modèle pionnier d'Equilibre Général Calculable (EGC) développé par l'OCDE (1996) - the Trade and Environment Equilibrium Analysis model (TEQUILA). Ces travaux incluent Beghin et al (1997) sur le Mexique, van der Mensbrugghe et al (1998), Beghin et al (1999, 2002) sur le Chili, etc. Ces études, bien que semblables dans leur méthode de modélisation pour capturer les liens entre la croissance, le commerce et l'environnement par les aspects d'échelle et de composition, donnent des projections de trajectoires tout à fait différentes selon les pays. Ceci révèle, encore une fois, l'importance des caractéristiques économiques et structurelles d'un pays dans la détermination du rôle de la croissance économique et de la libéralisation commerciale sur la protection de l'environnement.

Le modèle EGC utilisé dans ce modèle est construit par l'auteur en se basant sur le prototype d'EGC récemment appliqué à la Chine par Roland-Holst et van der Mensbrugghe (2002). A la base de ce prototype, nous relierons l'émission de pollution directement à la consommation intermédiaire d'énergie dans la production et permettons la substitution entre différents intrants d'énergie, comme cela est fait dans le modèle TEQUILA. Notre modèle est cependant différent du modèle TEQUILA. Au lieu d'employer directement les intensités d'émission des intrants estimées par Dessus et al (1994) à partir d'un assortiment de données d'intrants de matrice de comptabilité sociale des Etats-Unis et des pollutions correspondantes de l'IPPS développées par la Banque Mondiale (Martin et al, 1991), nous utilisons les données actuelles d'émission de SO₂ et d'intrants énergétiques (charbon, pétrole et gaz naturel) des 18 secteurs industriels chinois pour estimer économétriquement les coefficients d'énergie

spécifiques à l'émission de SO₂ en Chine. Pour capturer l'impact du commerce sur la pollution à travers les aspects de technique et d'efficacité, nous incluons aussi l'externalité positive du commerce dans les fonctions de production du modèle, comme de Melo et Robinson (1990). Dans le même temps, considérant la position importante de la Chine dans les marchés mondiaux de textile, cuir et équipements électroniques, on préfère utiliser l'hypothèse de «grand pays» pour la Chine sur le marché mondial pour ces biens.

Ce modèle en EGC est ensuite calibré dans une SAM détaillée de 55 secteurs pour l'année 1997. Quatre scénarios sont étudiés. Le scénario de «Business as Usual» (BaU) regarde seulement l'impact de la croissance économique sur l'émission de SO₂. Dans ce scénario, nous postulons que l'économie chinoise continuera à croître de la même façon qu'en 1997. Pour mesurer le coût économique potentiel de la nouvelle politique du dioxyde de soufre, on introduit ensuite dans la simulation l'objectif de cette politique. Ce scénario est appelé «Desulfur». Dans le scénario «OPEN», sur l'impact de l'ouverture sur l'environnement, seules les promesses de réduction progressive des tarifs (2002-2005) sont incluses. Finalement, pour simuler la situation réelle de la pollution et de l'économie de la Chine dans les prochaine 5 années, la nouvelle politique du dioxyde de soufre est mise en application avec le nouveau processus d'ouverture dans le scénario «Desulfur+Open». Pour comparer les impacts de la croissance économique et du commerce international sur l'environnement à travers les différents canaux, nous utiliserons une fois de plus la méthode de décomposition de l'index de Divisia sur les résultats des simulations, en vue d'indiquer la contribution réelle des différents déterminants économiques à l'évolution de l'émission de SO₂ sous ces différents scénarii.

8.1. Politiques actuelles de lutte contre la pollution en Chine

Avant d'aller plus loin dans l'explication en détails du modèle en EGC, nous devons présenter les politiques actuelles de lutte contre la pollution en Chine.

Le système actuel de contrôle de la pollution au SO₂ appliqué en Chine est appelé «Total Emission Quantity Control (TEQC)». Celui-ci demande aux pollueurs, principalement les entreprises industrielles et commerciales, de payer pour leurs émissions de pollution qui *excèdent le standard local ou national mais pas sur la totalité de l'émission*. Par ailleurs, ce système postule également que 80% des revenus de la taxation doivent être utilisés pour financer des mesures de prévention de la pollution. Ce système a tout d'abord été appliqué en 1993 dans deux provinces et neuf villes. Au début, les taux de taxation étaient très

faibles : 1,01 yuans par tonne de SO₂ émise au-dessus du standard national.¹ Bien que le Tableau 8.1 montre que la sévérité du système de taxation des émissions ait été renforcée dans les années 90 et que les zones d'application ont été élargies à d'autres provinces (Hebei en 1995 et Shaanxi en 1996), cette politique ne semble pas être suffisamment efficace pour inciter les producteurs à développer des procédés de production moins polluants. Comme le taux de taxation est « dans certains cas seulement égal à 25% du coût de la mise en conformité »², de nombreux pollueurs préfèrent payer la taxe que de prendre des mesures et faire diminuer réellement leur émission. Par conséquent, une grande partie de la réduction de la pollution observée ces dix dernières années est à mettre au crédit de l'autorité chinoise de réglementation de l'environnement qui a placé près de 80% de son revenu à des activités de réduction de la pollution. Il apparaît donc clairement que si on renforce l'efficacité du système de taxation en faveur des initiatives visant à réduire la pollution, nous devrions pouvoir observer plus de progrès dans la préservation de l'environnement chinois.

Tableau 8.1. Evolution du système de taxation de la pollution au SO₂ dans les années 90
(Source des données : Cao (1999) et *China Environment Statistic Yearbook*, 1991-2001)

Taux de taxation basé sur la consommation d'énergie (1997)				Taux moyen de taxation du SO ₂ au niveau national ²	
Province	Taux de taxation (Yuans/tonne)	Champ d'application ¹	Taxes totales 1997 (10 ⁶ Yuans)	Année	(Yuans/tonne)
Guangdong (Province)	200	Charbon et pétrole	58,52	1993	1,10
Guizhou (province)	200	Charbon	15,97	1994	4,23
Chongqing (ville)	5 yuan/tonne charbon	Charbon	7,34	1995	5,17
Yibin (ville)	180	Charbon	7,36	1996	6,20
Nanning (ville)	200	Charbon	8,45	1997	7,36
Liuzhou (ville)	200	Charbon	na	1998	24,63
Guilin (ville)	200	Charbon	na	1999	46,37
Yichang (ville)	200	Charbon	11,43	2000	38,90
Qingdao (ville)	200	Charbon	39,41		
Hangzhou (ville)	180	Charbon	9,19		
Changsha (ville)	200	Charbon	3,89		

Note : ¹ Cette taxe est seulement appliquée sur les énergies utilisées dans l'industrie et le commerce.

² Nous utilisons le revenu de la taxation du SO₂ divisé par la quantité d'émission de SO₂ pour calculer le taux moyen de taxation du SO₂ au niveau national.

Depuis le début de l'année 1998, l'ANPE (Agence National de Protection de l'Environnement) est allé plus loin dans son programme de lutte contre le SO₂ et a délimité deux zones souffrant le plus de ces problèmes de pollution au SO₂ et de pluies acides. Celles-ci sont nommées « zone de contrôle des pluies acides » et « zone de lutte contre la pollution au SO₂ ». Dans ces deux zones, des stratégies plus sévères de lutte contre la pollution ont été appliquées. Comme ces deux zones émettent presque les deux tiers de toute l'émission

¹ Cao et al (1999).

² Wang (1996).

nationale de SO₂, le renforcement de la lutte contre la pollution dans ces deux zones signifie un réel renforcement des contrôles. On peut ainsi voir dans le Tableau 8.1 que le taux moyen de taxation a triplé en 1998.

Le plan de l'ANPE pour réduire l'émission totale de SO₂ de 10% (20% dans les deux zones spéciales) en 2005 par rapport à 2000 consiste en une nouvelle mesure visant à renforcer la sévérité de la réglementation de l'environnement. Si on prend au sérieux ce nouvel objectif, de combien faudrait-il augmenter le taux de la taxe sur l'émission pour créer des activités réductrices de pollution à l'initiative des producteurs ? De quelle façon la politique de libéralisation commerciale va-t-elle influencer le niveau de taxation nécessaire à cet objectif ? Quelle sera l'influence de ce nouveau taux sur la structure et la croissance de l'économie ? Telles sont les questions auxquelles nous essayons de répondre dans notre analyse.

8.2. Spécification du modèle

Le modèle d'EGC utilisé dans ce chapitre se compose de la production, de la répartition et de la consommation des revenus, des autres consommations finales (investissement, services du gouvernement et exportations), du revenu et de l'épargne du gouvernement, du commerce, de l'offre et de la demande domestique, de l'équilibre de marché, des bouclages et des dynamiques macroéconomiques. Il est calibré dans la SAM chinoise de 1997.¹ L'économie entière est divisée en 55 secteurs : 14 secteurs agricoles, 29 secteurs industriels, un secteur de construction et 11 secteurs de services. Les industries productrices d'énergie se décomposent en quatre secteurs : extraction de charbon, pétrole et coke, gaz naturel et production d'électricité.

La technologie de production est spécifiée de telle sorte que chaque secteur combine le capital, le travail, les ressources naturelles, la terre, l'électricité, les combustibles fossiles et d'autres intrants intermédiaires normaux dans la production. Nous employons une fonction de production CES (élasticité de substitution constante)-Leontief à 6 niveaux emboîtés pour chaque produit spécifique. L'emboîtement de la production est montré dans l'annexe 8.1.

Nous supposons que seule la combustion des énergies dans les activités de production émet de la pollution au SO₂. Inspirée par Beghin et al.(1996) et Yang (2001), la spécification de la production distingue les intrants énergétiques des autres intrants intermédiaires normaux et dote ces premiers d'une substituabilité continue. Considérant des différentes propriétés de l'émission entre les combustibles fossiles et celles de l'électricité, nous spécifions une

¹ Source : Roland-Holst et van der Mensbrugge (2002).

décomposition CES entre l'électricité et les combustibles fossiles (se composant de charbon, pétrole et gaz naturel) en faisant l'hypothèse d'une plus grande substituabilité entre les combustibles fossiles qu'entre ces derniers avec l'électricité.¹ Cet arrangement dans la substituabilité de l'énergie nous permet de nous libérer de la rigidité du ratio d'intrants énergétiques par unité de produit et nous offre la possibilité d'une substitution à la fois entre les énergies et avec les autres facteurs traditionnels de production. Cet arrangement va aussi nous aider à saisir la stratégie d'adaptation de la structure énergétique du producteur quand celui-ci fait face à une politique renforcée de lutte contre la pollution et qu'il cherche à éviter une réduction proportionnelle de sa production. En raison de la limitation des données, nous ne pouvons pas distinguer les activités de réduction de la pollution dans notre SAM. Par conséquent, nous supposons ici que tous les efforts de réduction de la pollution sont intégrés dans le processus de production, ou dans le traitement des intrants énergétiques (raffinage, etc.), et qu'il n'y a aucun effort de réduction de pollution dans les processus de bout de chaîne (end-of-pipe) (par exemple, ajout d'un filtre sur les cheminées des usines).

Tableau 8.2. Emission de SO₂ induite par les énergies

Variables dépendantes : émission industrielle de SO₂ (tonnes), estimateur pour les données en panel (1991-1998, 18 secteurs)

Var. explicative ¹	Effet Aléatoire (EA)		Effet Fixe (EA)	
	Coefficient	T de student	Coefficient	T de student
Charbon	0,0181581	5,17***	0,0184979	5,12***
Pétrole, essence et coke	0,0099582	1,40*	0,011331	1,51*
Gaz naturel	-0,0083825	-0,88	-0,0098472	-0,99
Année	-5830,464	-0,63	-6596,19	-0,70
Constante	1,20×10 ⁷	0,64	1,35×10 ⁷	0,72
Breusch-Pagan				479,02 (0,000)
Hausman		0,47 (0,9763)		
R ² carré ajusté		0,2254		0,2254
Nb. Groupes				18
Nb. Observations				144

Note : ¹ L'utilisation d'énergie est mesurée en unités physiques, soit tonnes équivalent charbon.

Les taux d'émission que nous utilisons pour calculer la pollution de SO₂ issue de l'utilisation d'énergie dans la production sont obtenus par l'estimation directe des données industrielles chinoises. En utilisant les données en panel détaillées des émissions et de l'utilisation d'énergie pour 18 secteurs (représentant plus de 98% de toute la production industrielle chinoise) de 1991 à 1998, nous obtenons les estimations indiquées dans le Tableau 8.2.² La relation la plus significative se trouve au niveau de la combustion du charbon

¹ Yang (2001) fait un arrangement similaire pour la substitution des énergies.

² Les données ne sont pas ici les mêmes que celles que nous avons utilisées pour la construction de l'indice synthétique de composition industrielle. Les données en panel utilisées dans cette estimation sont obtenues au niveau national.

et des émissions de SO₂. Une corrélation significative existe aussi entre le pétrole et l'émission de SO₂, bien qu'elle soit relativement moins importante. La présence d'un coefficient négatif non significatif pour l'intrant gaz naturel soutient l'idée habituelle que le gaz naturel n'est pas une menace significative pour l'environnement. Le test de Hausman suggère la supériorité de l'estimation avec effet aléatoire. Par conséquent, nous utiliserons les résultats avec RE dans notre analyse.

Comme les données d'énergie utilisées sont mesurées en unités physiques (tonnes équivalent charbon, TEC ou CET en anglais), nous avons besoin de les transformer en ratios d'émission par unité monétaire d'intrant énergétique utilisé dans la SAM de 1997. Pour obtenir cette conversion des facteurs, nous divisons la valeur de la consommation totale de chaque type d'intrant énergétique pour l'ensemble des secteurs manufacturés de la SAM par la statistique de la consommation physique de chaque intrant énergétique de l'ensemble des secteurs manufacturés de la même année trouvée dans l'annuaire statistique « China Energy Database 5.0 ». Ce procédé nous donne le facteur de conversion de l'unité physique à l'unité monétaire qui est ensuite utilisé pour calculer le taux d'émission spécifique de chaque intrant énergétique (l'équation (8.1)). Ces facteurs de conversion et les taux d'émission spécifiques à chaque intrant énergétique sont rapportés dans le Tableau 8.3.¹

$$\underbrace{\frac{Emission\ SO_2}{energie(monétaire)}}_{\text{Taux d'émission pour chaque unité monétaire d'énergie}} = \underbrace{\frac{Emission\ SO_2}{energie(physique)}}_{\text{Taux d'émission pour chaque unité physique d'énergie}} \times \underbrace{\frac{energie(physique)}{energie(monétaire)}}_{\text{Facteur de conversion}} \quad (8.1)$$

Tableau 8.3. Facteur de conversion et taux d'émission par unité monétaire d'intrant énergétique

	Facteur de conversion (Inverse du prix de l'énergie, CET tonnes/million USD)	Prix de l'énergie (USD/tonnes CET, prix de 1997)	Taux d'émission de SO₂ de la valeur de l'énergie en million USD (Tonnes d'émission/million USD)
Charbon	35925,483	27,84	652,339
Pétrole, essence et coke	3858,622	259,16	39,421
Gaz naturel	19417,549	51,50	0

Note : Les données de consommation physique d'énergie intermédiaire pour l'industrie viennent du China Energy Databook 5.0, LBL(2003). Les données de consommation monétaire d'énergie intermédiaire viennent de la SAM de 1997 (Roland-Holst et van der Mensbrughe, 2002).

Nous pouvons maintenant dériver les émissions de SO₂ pour chaque secteur en employant le taux d'émission par unité monétaire d'énergie et la consommation détaillée d'intrants énergétiques fournie par la SAM (équation (8.2)). L'émission de SO₂ de toute

¹ Cela est transformé en yuans par le taux de change en PPA : 1 USD=4,078 CNY (prix de 1997). Le taux de change en PPA est celui de Roland-Holst et Van der Mensbrughe (2002).

l'économie est calculée à partir de l'équation (8.3). Ici l'indice j se rapporte aux différents secteurs.

$$SO2_j = 652.339 \times Coal_j + 39.421 \times Oil_j + 0 \times gas_j + 0 \times Electricity_j \quad (8.2)$$

$$SO2 = \sum_j SO2_j \quad (8.3)$$

En raison des contraintes de données, le modèle actuel n'a qu'un seul groupe de ménage. Chaque décision de consommation du ménage est caractérisée par un système linéaire de dépense (SLD), après avoir transféré une part fixe du revenu sous forme des transferts à l'étranger et une autre sous forme d'épargne. Les autres demandes domestiques incluent la consommation finale du gouvernement, les investissements, le volume des services exportés et les activités de transport. À la différence de la demande du ménage, les autres demandes finales pour différents biens sont déterminées par des proportions constantes par rapport au revenu institutionnel agrégé—une information que l'on obtient grâce au calibrage de la SAM.

Le modèle fait l'hypothèse d'une substitution imparfaite entre des biens d'origines et de destinations différentes. Nous employons une forme fonctionnelle d'Armington à deux niveaux (CES) pour déterminer la composition de la demande entre des biens domestiques et des biens importés de différentes origines¹. Du côté de l'offre, la production domestique de chaque bien est distribuée sur différents marchés par la spécification d'une élasticité de transformation constante à deux niveaux (Constant Elasticity of Transformation). Les distorsions commerciales à l'encontre des flux d'exportation et d'importation sont indiquées par des taxes à l'exportation (ou des subventions), des tarifs ad valorem et/ou des barrières non tarifaires (valeurs des BNT calculées par le calibrage) imposés par le gouvernement. Ces barrières au commerce différent selon les marchés et sont supposées exogènes.

Nous supposons que la demande de produits domestiques atteint le même niveau que l'offre de produits domestiques par l'ajustement des prix sur le marché domestique. Nous supposons aussi que dans la plupart des secteurs, les importations et les exportations suivent l'hypothèse du «petit pays» qui fait face à une offre d'importation et à une demande d'exportation parfaitement élastique sur le marché mondial, les prix mondiaux demeurant constants. Cependant, nous autorisons l'hypothèse du «grand pays» pour certains produits dans lesquels la Chine possède une influence très importante sur le marché mondial, tels que le textile, les marchandises en cuir et l'équipement électronique. Pour ces secteurs, les décisions de maximisation du profit pour les producteurs dépendent de l'arbitrage entre le

¹ De plus amples informations sur l'élasticité de substitution, l'élasticité d'Armington et l'élasticité de transformation constante (ETC ou CET en anglais) sont données pour chaque produit dans l'Annexe 8.2.

volume d'exportation et le prix à l'exportation qui sont tous les deux déterminés de manière endogène par la demande des marchés étrangers qui ont une élasticité-prix finie.

Tous les marchés de facteur : travail, capital, terre, énergie, et autres ressources spécifiques, sont supposés être à l'équilibre. Puisque nos données ne nous permettent pas de distinguer entre différents niveaux de qualification du travail, nous supposons le travail parfaitement mobile entre les secteurs, déterminant ainsi un salaire d'équilibre unique. Nous supposons que le capital est distribué par une spécification de CET à travers différents secteurs selon leur taux de rémunération du capital réel. L'offre de terre est dans l'ensemble fixée. L'allocation de la terre entre différents secteurs suit un arrangement de CET analogue au capital. Certaines ressources sont utilisées uniquement dans des secteurs spécifiques, tels que les mines pour le secteur minier, etc. Dans ce modèle, nous faisons également l'hypothèse d'une mobilité nulle pour ces ressources et que leur offre varie selon la comparaison de leur prix avec l'indice général des prix.

Le revenu de gouvernement provient d'une grande variété d'instruments fiscaux : impôt sur la production, impôt sur la consommation intermédiaire, impôt sur le revenu, impôt sur la consommation finale, taxe sur la valeur ajoutée, tarif à l'importation, taxe à l'exportation, taxe sur l'émission, transferts à partir des pays étrangers. Sa dépense se compose de la consommation du gouvernement, de la subvention, des transferts aux ménages, aux entreprises, et au reste du monde. Le résidu du revenu qui n'est pas dépensé constitue l'épargne du gouvernement.

Dans le modèle, nous considérons tous les taux d'imposition comme des instruments de politique exogènes, avec des valeurs initiales calibrées par la SAM. Le traitement de la taxe d'émission constitue cependant un cas spécial puisque celle-ci n'est pas indiquée de façon séparée dans la SAM. Pour inclure cet instrument de politique dans la spécification du modèle et la SAM, nous divisons les données statistiques de taxes totales sur l'émission de SO_2 en 1997 par la pollution totale au SO_2 de tous les secteurs industriels et de service (calculée à partir de l'équation 8.2). Ce calcul donne « un taux de taxation moyen du SO_2 au niveau national », soit 22,22 yuans par tonne d'émission de SO_2 . Ensuite, nous transformons ce taux moyen en un taux d'imposition de l'émission de SO_2 spécifique à chaque énergie en le multipliant par les taux d'émission des différentes sources d'énergie. Ce taux d'imposition spécifique de l'émission de SO_2 par énergie nous permet ensuite de calculer le revenu de la taxe d'émission de SO_2 pour chaque secteur d'industrie et de service en 1997.

Au niveau du bouclage macroéconomique, nous supposons que l'équilibre fiscal du gouvernement est exogène, avec une valeur réelle de l'épargne du gouvernement restant

constante et un excédent de revenu redistribué aux ménages de façon «lump-sum». L'investissement se forme de manière endogène dans le modèle à partir de toute l'épargne venant du ménage, des entreprises, du gouvernement et du reste du monde. La balance commerciale est également supposée endogène, de même que la balance des paiements, puisque nous identifions un système de taux de change fixe pour la devise chinoise.

Les modèles traditionnels d'EGC peuvent seulement capturer des gains d'efficacité agrégés provenant de l'élimination des distorsions dans le commerce et les prix.¹ En outre, les résultats d'estimation du dernier chapitre confirment qu'en Chine, comme dans la plupart des autres pays d'Asie de l'Est, l'expansion du commerce confère certaines externalités à la croissance économique. Pour saisir cette externalité du commerce sur l'économie chinoise, nous spécifions dans la fonction de production les externalités positives du commerce (exportations et importations séparées) du style de Melo-Robinson (1990). Par conséquent, la fonction de production CES que nous utilisons réellement dans le modèle en EGC est comme celle de l'équation (8.4) qui ressemble à la fonction de production que nous avons employée dans le système en simultané du Chapitre 7.

$$Y_j = AT_j \left[a_K (\lambda_K \times K_j)^\rho + a_{ene} (\lambda_{ene} \times ENE_j)^\rho + a_L (\lambda_L \times L_j)^\rho \right]^{1/\rho} \quad (8.4)$$

Y_j est le produit, a_x est le paramètre de proportion du facteur x dans la production, ρ est l'exposant de la fonction CES relatif à l'élasticité de substitution entre les facteurs de production. λ_x représente le facteur de productivité endogène.² Le terme

$$AT_j = \overline{AT}_j \left(\frac{\overline{E}_k}{E_{k,t-1}} \right)^\varphi \text{ avec } \overline{AT} = 1$$

montre un changement de la productivité dû à une externalité venant d'une augmentation du volume d'exportations par rapport à l'année précédente, où E_k indique le volume d'exportation pour le produit k (du secteur j) et l'indice $t-1$ l'année précédente.³ De Melo et Robinson (1990) choisissent des valeurs comprises entre 0,1 et 0,3 pour le paramètre d'externalité φ dans leur recherche sur la Corée. Considérant les résultats de l'estimation du

¹ Voir les explications de De Melo et Robinson (1990) et de Rodrigo et Thorbecke (1997).

² La valeur de λ est d'abord fixée à 1 pour l'année d'origine 1997. Sa valeur pour les années suivantes est ensuite calculée dans la première simulation dynamique récursive du modèle de « Business as Usual » avec un taux de croissance économique supposé exogène.

³ Les indices k et j se réfèrent au même secteur, dans la mesure où k est utilisé pour indiquer le produit et j pour indiquer le secteur.

système en simultané de chapitre 7 qui montre une externalité des exportations relativement faible, nous décidons ici de choisir une faible valeur de 0,1 pour φ .¹

Pour capturer l'effet d'externalité de l'importation des machines et équipements, nous modifions la fonction de production dans l'équation (8.5) :

$$Y_j = AT_j \left[a_k (\lambda_k \times BT \times K_j)^\rho + a_{ene} (\lambda_{ene} \times ENE_j)^\rho + a_l (\lambda_l \times L_j)^\rho \right]^{1/\rho} \quad (8.5)$$

Ici, comme au Chapitre 6, nous ajoutons le terme BT dans cette fonction. Il représente l'externalité positive qui résulte de l'importation de machines et d'équipements et qui permet d'agrandir le stock de capital effectif. Ce paramètre est donné par :

$$BT = \overline{BT} \times \left(1 + \frac{\sum_{hp,t} M_{hp,t}}{\sum_{hp,T=0} \sum_t M_{hp,T}} \right)^\psi .$$

Cet indicateur est construit de la même façon que celui que nous avons utilisé pour le modèle en simultané. $M_{hp,t}$ représente les importations de machines et d'équipements à la période t , l'indice hp indique les biens d'équipements et les machines, et nous avons $\overline{BT}=1$. De la même façon que dans le système en simultané, l'externalité provenant des biens importés s'exerce de façon uniforme sur l'ensemble de l'économie, ce qui conduit à un volume de capital *effectif* de l'économie qui croît en moyenne au rythme de BT, soit pour chaque secteur : $BT \times K_j \geq K_j$. En se basant sur les résultats d'estimation du Chapitre 7, le paramètre d'externalité ψ est supposé être égal à 0,1.²

8.3. Scenarii

La première simulation dynamique récursive effectuée dans cette étude vise à trouver le chemin de croissance endogène de la productivité des facteurs de production utilisés dans les secteurs industriels et de service, de telle façon que la trajectoire de croissance du PIB du scénario «Business as Usual» (BaU) soit réalisée.³ Les trajectoires de croissance du PIB, de la

¹ Nous n'utilisons pas ici l'élasticité estimée de l'externalité d'exportation du Chapitre 7, qui est égale à 0,020, car nous considérons que la mesure de l'exportation utilisée dans le système en simultané n'est pas la même que celle utilisée dans le modèle en EGC. Dans le système en simultané, nous employons le taux de croissance annuel du ratio d'exportation sur le PIB total comme mesure d'exportation, alors que dans le modèle en EGC nous préférons employer la fonction de production plus originale de de Melo et Robinson (1990), dans laquelle l'externalité de l'exportation sur la production de chaque secteur vient de l'augmentation de l'exportation du secteur industriel lui-même. Par conséquent, nous décidons de choisir ici une élasticité de l'externalité des exportations plus élevée 0,1. Une même valeur a aussi été utilisée dans de Melo et Robinson (1990).

² Rodrigo et Thorbecke (1997) choisissent une élasticité de même valeur dans leur étude sur l'Indonésie.

³ Ici, nous supposons que seules les productivités du travail et du capital dans les secteurs industriels et de service sont endogènes et variables dans le temps, alors que celles des secteurs agricoles et des secteurs de la

population et de la main-d'œuvre entre 1997 et 2001 du scénario BaU sont rapportées dans le Tableau 8.4. La plupart des données proviennent des projections officielles des Nations Unies, de la Banque Mondiale et du gouvernement chinois. Dans cette simulation, tous les instruments de politique sont jugés exogènes et constants, excepté le taux d'imposition de l'émission de SO₂, qui est autorisé à varier entre 1997 et 2000 afin de mesurer le renforcement de la lutte contre la pollution. Le taux de dépréciation du capital est de 5%.

Tableau 8.4. Simulations de l'évolution des variables exogènes

Variables exogènes	Année	Taux de croissance annuel	Variables exogènes	Année	Taux de croissance annuel
PIB (pourcentage)	1997	8,8	Force de travail (1/1000)	1997	10,89
	1998	7,8		1998	14,79
	1999	7,1		1999	10,72
	2000	8,0		2000	9,68
	2001	7,3		2001	13,04
	2002-05	7,0		2002-05	10,00
Population (1/1000)	1997	10,06	Trajectoire de la croissance de la productivité <i>L'année de référence est l'année précédente</i>	1997	1,0000
	1998	9,14		1998	1,0306
	1999	8,18		1999	1,0349
	2000	7,58		2000	1,0310
	2001	6,95		2001	1,0417
	2002-05	7,00		2002	1,0346
				2003	1,0348
				2004	1,0364
			2005	1,0380	

Note : Pour les taux de croissance attendus des trois variables exogènes (population, travail et PIB), la publication récente du *2003 China Statistic Yearbook* donne le taux de croissance de l'année 2002. Force de travail : 10,12%, population : 6,45% et PIB : 8,0%. Les prévisions sont donc très proches des niveaux actuels.

Une fois que le chemin de croissance de la productivité est obtenu par la première simulation, nous pouvons commencer la simulation BaU. En effet, scénario BaU n'est qu'une nouvelle simulation de la première simulation, mais en sens inverse. Dans la simulation BaU, les taux de croissance du PIB supposés endogènes alors que la croissance de la productivité est au contraire supposée exogène. Leur valeur pour chaque année est donc celle que nous avons calibrée dans la première simulation. Dans ce scénario, puisque tous les instruments de politique restent constants, nous allons donc retrouver les résultats de la première simulation. Pour mesurer le coût économique de la nouvelle politique du dioxyde de soufre, le scénario Desulfur ajoute l'objectif de réduction de l'émission de SO₂ de 10% au scénario BaU. Nous supposons que cette politique sera réalisée de façon graduelle entre 2001 et 2005 (une réduction d'environ 2% chaque année) à l'aide d'un taux endogène de taxation de l'émission de SO₂. Le scénario OPEN mesure les possibles changements dans l'économie et l'émission de

terre et des ressources naturelles sont toujours fixées à leur valeur originale de 1. Nous supposons également que les intrants énergétiques ont le même taux de croissance de la productivité que le capital et le travail.

SO₂ au cours de l'accession progressive de la Chine à l'OMC. L'Uruguay Round de négociation multilatérale exige ainsi de la Chine une réduction graduelle du niveau de ses tarifs de 30 à 36% dans différents secteurs et l'élimination totale des taxes à l'exportation à l'exception de certaines marchandises spécifiques. Le programme de réduction tarifaire de 2001 à 2005 pour les 55 secteurs est donné dans l'Annexe 8.3. En raison de la contrainte de données, nous supposons une trajectoire uniforme de réduction pour les taxes à l'exportation dans tous les secteurs de 50% par an, ce qui conduit à une réduction totale des taxes à l'exportation de 93,75% pour la fin de l'année 2005. Nous imposons ensuite un choc commercial externe à l'économie de la Chine en supposant une amélioration exogène des termes de l'échange envers les exportations de la Chine à la suite de son intégration à l'OMC. Ceci est exprimé dans la simulation par une augmentation du prix mondial à l'exportation - auquel font face les exportateurs chinois - de 1% tous les ans entre 2002 et 2005.¹ Finalement, le scénario Desulfur+OPEN combine les deux politiques.

8.4. Analyse du lien entre le commerce et l'environnement

8.4.1 Evolution de l'économie et de la pollution de 1997 à 2000

Avant d'aller plus en avant dans le détail des résultats des quatre simulations, regardons d'abord les résultats simulés pour la période 1997-2000 afin de vérifier la cohérence du modèle avec la réalité. Selon les résultats de la simulation dans le Tableau 8.5, le produit brut de la Chine, l'absorption et le revenu réel disponible croissent tous d'environ 25% au cours de cette période. Ces données correspondent bien aux taux de croissance qui ont pu être observés, soit de façon respectives : 28,46%, 23,02% et 24,25%.² La simulation montre une croissance plus rapide que celle du PIB réel pour l'investissement (41,09%), la production industrielle brute (29,26%) et l'exportation (27,43%). Ces valeurs sont elles aussi cohérentes avec les valeurs réelles, qui sont respectivement de 32,03%, 29,39% et 31%. Les résultats de la simulation indiquent également qu'en raison de la politique renforcée de lutte contre la pollution, la croissance économique de la Chine s'est accomplie avec une augmentation moins que proportionnelle de la pollution. L'émission totale de SO₂ a ainsi accru de façon plus lente entre 1997 et 2000 (10,53%). Ce résultat est assez proche du taux de croissance réel de la pollution au SO₂ (8,8%). Ce dernier résultat peut ici être expliqué par la croissance plus lente

¹ Ce choc commercial favorable est ajouté car nous considérons qu'avec un marché domestique plus ouvert au monde extérieur, les produits chinois devraient être plus attractifs sur le marché mondial. Quelques points dans l'accord d'accession de la Chine à l'OMC reflètent aussi cette possibilité.

² Ces taux de croissance sont calculés par l'auteur à partir des données officielles publiées par le China's Statistic Yearbook (1998-2003).

de la consommation d'énergie, tout particulièrement en ce qui concerne le charbon (seulement 4,63% contre -10% en réalité) et l'électricité (12,83% contre 17% en réalité).¹

Les changements détaillés de la structure économique et de la consommation d'énergie entre 1997 et 2000 sont rapportés dans les Tableaux 8.6 et 8.7. Comme dans tous pays qui s'industrialise, la simulation indique qu'une grande partie de la production chinoise provient des secteurs industriels (58% sur cette période), ce qui est également très proche de la situation réelle. A l'intérieur des secteurs industriels, à l'exception des industries légères traditionnelles comme le textile, la confection de vêtement et les produits en cuir qui représentent toujours une part significative de la production industrielle totale, quelques industries naissantes telles que les produits chimiques, les métaux ferreux, l'équipement électronique et autres machines ont également fait l'expérience d'une forte croissance.

Les secteurs industriels ont l'intensité commerciale la plus élevée. Comme dans la Partie 2, on observe ici que l'avantage comparatif de la Chine reste de façon évidente dans les industries traditionnelles ou naissantes intensives en main-d'œuvre, telles que le textile, les produits en cuir, l'équipement électronique, etc. L'importance des ratios d'importation dans certains secteurs intensifs en ressources naturelles (pétrole, nourriture, métaux ferreux, etc.) et dans les secteurs intensifs en technique (produits chimiques, véhicules à moteur et autres machines) montre ainsi les contraintes en ressources naturelles et en technique auxquelles la Chine fait face.

Le Tableau 8.7 montre la consommation d'énergie et l'émission de SO₂ de certains secteurs entre 1997 et 2000. Puisque nous supposons que l'émission de SO₂ vient directement de la consommation d'énergie, les secteurs ayant la part de SO₂ la plus élevée sont donc en général les secteurs qui consomment le plus intensivement le charbon dans leurs activités de production, tels que la production d'électricité, les produits chimiques, les métaux ferreux et autres. Le pétrole, une autre source importante d'émission de SO₂, est principalement employé dans les produits chimiques, l'électricité et les services de transport.

¹ La différence relativement grande entre la croissance de la consommation du charbon issue des statistiques et le résultat simulé est peut être due aux omissions statistiques de certaines consommations d'énergie qui ont lieu depuis la réforme du système statistique chinois. Depuis 1998, les statistiques industrielles officielles incluent seulement la production des entreprises d'Etat et des grandes entreprises industrielles dont la production annuelle est au-dessus de 5 millions de Yuans. Ce nouveau système statistique ignore ainsi la production provenant des petites entreprises de charbonnage qui sont très répandues en Chine. Voir Sinton (2001) pour plus d'explications.

Tableau 8.5. Changements macroéconomiques

Variables	Valeur réelle							Comparaison (Changement en % par rapport à la référence)				
	Unité	1997	2000	BaU (2005)	Desulfur (2005)	OPEN (2005)	Désulfur+OPEN (2005)	2000 (vs. 1997)	BaU (vs. 2000)	vs. BaU		
										Desulfur	OPEN	Desulfur+OPEN
PIB réel	10 ⁹ US\$	854,69	1073,61	1524,13	1509,64	1535,55	1520,10	25,61	41,96	-0,95	0,75	-0,26
Production agrégée	10 ⁹ US\$	2280,77	2859,59	3949,34	3914,08	3946,91	3909,08	25,38	38,11	-0,89	-0,06	-1,02
Dont l'industrie	10 ⁹ US\$	1337,69	1729,16	2514,21	2478,94	2513,18	2474,91	29,26	45,40	-1,40	-0,04	-1,56
Consommation provée	10 ⁹ US\$	414,09	517,96	692,02	688,80	702,20	698,65	25,08	33,60	-0,47	1,47	0,96
Investissement	10 ⁹ US\$	310,00	437,37	650,73	646,69	659,31	655,02	41,09	48,78	-0,62	1,32	0,66
Exportation	10 ⁹ US\$	235,93	300,64	454,86	447,33	524,41	515,70	27,43	51,30	-1,66	15,29	13,38
Dont l'industrie	10 ⁹ US\$	209,51	269,08	402,08	394,68	468,16	459,55	28,43	49,43	-1,84	16,43	14,29
Importation	10 ⁹ US\$	245,26	312,62	479,37	474,64	571,52	565,62	27,46	53,34	-0,99	19,22	17,99
Dont l'industrie	10 ⁹ US\$	214,69	267,60	389,42	387,71	484,76	482,23	24,64	45,52	-0,44	24,48	23,83
Absorption	10 ⁹ US\$	830,61	1061,85	1449,27	1442,01	1468,03	1460,19	27,84	36,49	-0,50	1,29	0,75
Revenu disponible réel	10 ⁹ US\$	750,34	935,12	1242,08	1236,63	1259,83	1253,77	24,63	32,83	-0,44	1,43	0,94
Par tête	US\$	606,95	736,07	943,69	939,54	957,17	952,57	21,27	28,21	-0,44	1,43	0,94
Rémunération de travail	10 ⁹ US\$	388,59	508,35	707,13	696,51	735,41	723,77	30,82	39,10	-1,50	4,00	2,35
Balance commerciale	10 ⁹ US\$	24,08	28,31	34,39	30,78	34,24	30,03	17,57	21,48	-10,50	-0,44	-12,68
L'émission totale de SO ₂	10 ⁶ tonnes	8,26	9,13	11,00	8,21	11,18	8,21	10,53	20,48	-25,36	1,64	-25,36
Dont l'industrie	10 ⁶ tonnes	7,36	8,04	9,55	6,91	9,71	6,90	9,24	18,78	-27,64	1,68	-27,75
Intrant total de charbon	10 ⁹ US\$	9,28	9,71	10,68	6,77	10,82	6,68	4,63	9,99	-36,61	1,31	-37,45
Dont l'industrie	10 ⁹ US\$	8,79	9,16	10,06	6,31	10,20	6,23	4,21	9,83	-37,28	1,39	-38,07
Intrant total de pétrole	10 ⁹ US\$	56,01	70,93	102,40	96,18	104,61	97,62	26,64	44,37	-6,07	2,16	-4,67
Dont l'industrie	10 ⁹ US\$	41,28	52,40	75,81	70,96	77,53	72,03	26,94	44,68	-6,40	2,27	-4,99
Intrant total de gaz naturel	10 ⁹ US\$	1,11	1,29	1,60	1,74	1,63	1,78	16,22	24,03	8,75	1,87	11,25
Dont l'industrie	10 ⁹ US\$	1,08	1,26	1,57	1,71	1,60	1,74	16,67	24,60	8,92	1,91	10,83
Intrant total d'énergie	10 ⁹ US\$	31,10	35,09	42,70	45,83	43,67	47,03	12,83	21,69	7,33	2,27	10,14
Dont l'industrie	10 ⁹ US\$	26,21	29,44	35,84	38,83	36,65	39,86	12,32	21,74	8,34	2,26	11,22
Taxe d'émission (1997)	US\$ / Kilo	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Taxe d'émission (2000)	US\$ / Kilo		0,028816	0,028816	0,028816	0,028816	0,028816		0,00	4,11	0,00	4,11
Taxe d'émission (2001)	US\$ / Kilo			0,028816	0,30	0,028816	0,30			941,09	0,00	941,09
Taxe d'émission (2002)	US\$ / Kilo			0,028816	0,63	0,028816	0,66			2086,29	0,00	2190,39
Taxe d'émission (2003)	US\$ / Kilo			0,028816	1,01	0,028816	1,09			3405,00	0,00	3682,62
Taxe d'émission (2004)	US\$ / Kilo			0,028816	1,47	0,028816	1,62			5001,33	0,00	5521,88
Taxe d'émission (2005)	US\$ / Kilo			0,028816	2,04	0,028816	2,25			6979,40	0,00	7708,16
Δ du prix du charbon		0,03%			104%		113%					
Δ du prix du pétrole		0,0021%			7,4%		8,0%					

Tableau 8.6. Structure de la production en 1997 et en 2000

Secteur	Part dans le produit brut (%)		Exportations/output (%)		Importations/ventes domestiques (%)	
	1997	2000	1997	2000	1997	2000
Agriculture	11,53	12,06	2,34	0,93	3,18	4,86
Manufacturé	58,65	58,43	15,66	15,57	15,99	15,63
Charbon	0,50	0,42	10,95	9,96	0,89	0,95
Pétrole	2,46	2,48	6,69	10,08	16,39	13,04
Gaz naturel	0,07	0,06	17,05	20,14	0,00	0,00
Electricité	1,54	1,21	0,61	1,55	0,02	0,01
Minier	1,41	1,49	2,15	1,85	7,92	8,62
Bétail de bovin, moutons	0,10	0,09	3,15	2,42	13,34	15,35
Autres viandes	0,55	0,51	9,67	4,46	8,66	13,50
Huile végétale et grasse	0,48	0,44	4,91	4,02	30,63	33,35
Produits laitiers	0,05	0,04	4,17	4,99	21,79	19,92
Riz	1,65	1,54	0,82	0,56	0,83	1,03
Sucre	0,03	0,02	21,75	14,74	39,44	46,41
Autres nourritures	1,57	1,42	12,16	9,43	8,02	9,37
Boissons et tabac	1,78	1,81	2,62	2,13	4,16	4,69
Textiles	5,00	4,82	17,47	16,30	20,11	19,54
habillements prêts à porter	2,17	2,04	48,61	45,21	9,31	9,42
Produits en cuir	1,69	1,43	54,94	49,47	14,99	16,97
Produits du bois	0,96	0,98	19,13	17,55	8,70	9,21
Papier	1,75	1,73	4,14	4,11	16,57	16,64
Produits chimiques	6,78	6,87	10,57	12,56	20,26	18,43
Autre produits miniers	4,58	4,69	5,01	5,21	3,78	3,69
Métaux ferreux	3,16	3,27	5,97	6,33	13,28	12,86
Autres métaux	1,27	1,34	8,12	8,76	19,39	18,63
Produits métalliques	2,43	2,49	12,47	12,92	6,55	6,40
Véhicules à moteur	1,50	1,52	3,84	4,46	12,88	11,86
Autres équipements de transport	1,15	1,20	12,81	13,10	17,66	17,44
Équipements électroniques	3,07	3,05	44,79	42,03	45,32	44,28
Autres machines et équipements	8,27	8,59	16,45	17,19	23,22	22,66
Autres secteurs manufacturés	2,51	2,71	39,08	41,35	7,51	7,12
Eaux	0,18	0,17	0,23	0,37	0,66	0,49
Construction	9,22	9,78	0,26	0,22	0,72	0,79
Services	20,60	19,73	4,20	4,79	4,38	4,32
Total	100,00	100,00	10,34	10,17	10,71	10,62

Tableau 8.7. Structure de la consommation d'énergie en 1997 et variation en 2000 par rapport à 1997

	Intensité en charbon (TEC/million USD)		Intensité en pétrole (TEC/million USD)		Intensité en gaz (TEC/million USD)		Intensité en électricité (1000 kwh/million USD)		Part de l'émission de SO ₂ (%)		Intensité en SO ₂ (tonne/million USD)	
	1997	Δ2000	1997	Δ2000	1997	Δ2000	1997	Δ2000	1997	Δ2000	1997	Δ2000
Agriculture	21,16	2,18	36,09	6,44	0,05	0,01	0,24	0,03	2,40	0,28	0,75	0,11
Manufacturé	235,96	-45,65	119,07	-2,13	15,70	-1,58	0,63	-0,08	89,10	-0,99	5,50	-0,85
Charbon	2,37	-0,22	0,12	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00
Pétrole	1,05	-0,16	1664,13	-111,47	0,03	0,00	0,00	0,00	11,56	2,15	17,02	-1,14
Gaz naturel	1053,06	-127,77	324,32	-9,38	2392,50	-140,22	0,00	0,00	0,41	0,00	22,44	-2,42
Electricité	5274,95	-1044,90	466,91	-53,10	166,36	-23,43	8,07	-1,36	42,88	-4,94	100,57	-19,52
Minier	63,42	-4,78	9,21	0,20	1,66	-0,02	0,59	-0,02	0,48	0,06	1,25	-0,08
Bétail de bovin, moutons	67,83	-26,50	6,95	-2,27	0,39	-0,14	0,46	-0,17	0,04	-0,02	1,30	-0,50
Autres viandes	8,82	-1,78	0,96	-0,11	0,05	-0,01	0,06	-0,01	0,03	-0,01	0,17	-0,03
Huile végétale et graisse	113,93	-31,63	8,25	-1,66	1,46	-0,33	0,45	-0,11	0,29	-0,07	2,15	-0,59
Produits laitiers	68,91	-17,91	7,54	-1,37	0,40	-0,08	0,46	-0,11	0,02	0,00	1,33	-0,34
Riz	84,22	-20,03	6,04	-0,95	1,08	-0,20	0,34	-0,07	0,72	-0,17	1,59	-0,37
Sucre	42,63	-23,21	3,25	-1,62	0,55	-0,28	0,17	-0,09	0,01	0,00	0,81	-0,44
Autres nourritures	21,92	-9,05	1,74	-0,61	0,28	-0,10	0,09	-0,03	0,18	-0,07	0,42	-0,17
Boissons et tabac	66,44	-11,54	3,06	-0,27	1,23	-0,14	0,25	-0,04	0,61	-0,04	1,24	-0,21
Textiles	40,87	-6,75	3,60	-0,28	4,21	-0,44	0,32	-0,04	1,08	-0,05	0,78	-0,13
habillements prêts à porter	10,61	-1,23	1,77	-0,04	0,95	-0,05	0,08	-0,01	0,13	0,00	0,21	-0,02
Produits en cuir	8,53	-1,34	2,39	-0,16	0,53	-0,05	0,07	-0,01	0,08	-0,02	0,18	-0,03
Produits du bois	60,76	-7,01	5,82	-0,13	1,38	-0,07	0,25	-0,02	0,31	0,01	1,16	-0,13
Papier	106,06	-12,86	8,05	-0,23	0,35	-0,02	0,53	-0,05	0,97	0,01	2,01	-0,24
Produits chimiques	198,62	-31,69	243,89	-17,35	48,96	-4,87	0,91	-0,11	11,42	0,79	6,10	-0,75
Autre produits miniers	327,96	-36,03	33,84	-0,55	4,56	-0,21	0,61	-0,05	7,96	0,58	6,30	-0,66
Métaux ferreux	372,44	-44,61	44,67	-1,22	17,17	-0,98	1,31	-0,11	6,29	0,50	7,22	-0,82
Autres métaux	109,36	-15,71	22,55	-1,21	8,87	-0,73	1,53	-0,17	0,78	0,06	2,22	-0,30
Produits métalliques	25,29	-2,80	4,37	-0,07	2,97	-0,14	0,38	-0,03	0,34	0,03	0,50	-0,05
Véhicules à moteur	34,62	-5,00	7,02	-0,38	1,50	-0,12	0,26	-0,03	0,29	0,01	0,70	-0,09
Autres équipements de transp.	25,11	-2,77	4,23	-0,07	1,30	-0,06	0,28	-0,02	0,16	0,01	0,50	-0,05
Equipements électroniques	4,13	-0,62	1,46	-0,09	2,13	-0,19	0,06	-0,01	0,08	0,00	0,09	-0,01
Autres machines et équipe.	32,75	-3,61	5,05	-0,08	3,10	-0,14	0,13	-0,01	1,48	0,14	0,65	-0,07
Autres secteurs manufacturés	36,70	-5,04	4,07	-0,19	3,96	-0,30	0,20	-0,02	0,49	0,05	0,71	-0,09
Eaux	15,23	-2,74	25,29	-2,36	0,34	-0,04	4,18	-0,59	0,03	0,00	0,53	-0,07
Construction	5,41	-0,30	4,95	0,22	0,68	0,01	0,08	0,00	0,38	0,06	0,15	0,00
Services	23,19	-3,38	98,56	1,38	0,84	-0,09	0,16	-0,02	8,12	0,65	1,43	-0,05
Total	146,11	-24,20	94,75	0,95	9,45	-0,69	0,44	-0,04	100,00	0,00	3,62	-0,43

Le Tableau 8.7 également illustre la tendance générale à la baisse de l'intensité de l'émission de SO₂ dans un grand nombre de secteurs industriels et tertiaires au cours des années 1997-2000. Cette évolution peut être expliquée par la baisse de l'intensité de la consommation d'énergie dans ces secteurs - en particulier le pétrole et le charbon. De même, la plus importante réduction de SO₂ a été réalisée dans les secteurs les plus polluants, comme le secteur de la production d'électricité, dont l'émission de SO₂ aura été réduite d'environ 19,42%. Cependant, en raison de la très importante croissance économique de la Chine, au cours de cette même période, le volume total d'émission de SO₂ et la consommation d'énergie ont continué à augmenter.

8.4.2. Résultats empiriques des quatre scénarios

a. Scénario Business as Usual (BaU)

Etant données les politiques actuelles de la Chine, le scénario BaU représente ici la trajectoire la plus vraisemblable pour sa croissance économique, son émission de SO₂ et la transformation de sa structure industrielle si elle garde les mêmes politiques économiques. Selon ce scénario (Tableau 8.5), le PIB réel de la Chine devrait encore croître de 42%, avec un coût pour l'environnement d'environ 20% d'émissions de SO₂ supplémentaires. L'intensité de la consommation de charbon devrait diminuer en faveur des autres énergies, dont les taux de croissance devraient être relativement plus importants.

Le Tableau 8.8 rapporte les principaux changements structurels qui ont lieu dans l'économie chinoise avec le scénario BaU. En gardant les mêmes politiques industrielles, la croissance de la production la plus importante entre 2001 et 2005 serait celle du secteur industriel (45,40%). Cependant, contrairement à nos attentes, à l'exception du secteur de l'équipement électronique, l'expansion la plus importante ne se produirait pas dans les secteurs intensifs en main-d'œuvre, mais dans certaines industries lourdes, comme les métaux, les machines, les véhicules à moteur, les équipements de transport et les produits chimiques. Cela confirme notre soupçon concernant l'intention de la Chine de développer ses industries lourdes, considérées comme stratégiques. Cette intention peut être retracée à partir de la structure fiscale du producteur chinois - donnée par la SAM - qui accorde un taux de taxe de producteur plus faible pour quelques industries des matières premières et d'énergie, dont les produits sont intensivement utilisés dans quelques secteurs industriels lourds.

Les changements dans la structure des exportations et des importations et dans le prix du marché indiquent aussi cette tendance au renforcement des industries lourdes. D'une part, on s'attend dans la plupart des industries lourdes à une hausse des exportations et à une baisse des

importations. D'autre part, le prix général du marché pour ces produits devrait aussi diminuer, montrant ainsi un renforcement des avantages comparatifs dans ces secteurs.

Tableau 8.8. Principaux résultats des simulations pour le scénario BaU

	Changements dans la production (%)	Changements dans l'intensité d'émission du SO ₂ (%)	Changements dans les exportations (%)	Changements dans les importations (%)	Changements dans le prix du marché (%)
Agriculture	8,32	20,88	-61,77	3,95	38,66
Manufacturé	45,40	-26,66	49,43	-1,84	0,49
Charbon	12,21	-14,19	-10,65	8,60	6,37
Pétrole	71,45	-20,49	177,74	-12,78	-11,73
Gaz naturel	38,77	-23,90	63,45	-13,74	-5,13
Electricité	41,95	-40,30	285,84	-57,75	-22,74
Minier	53,18	-20,54	31,27	0,92	3,63
Bétail de bovin, moutons	-33,70	-27,35	-82,01	6,40	28,79
Autres viandes	-4,48	-22,15	-68,25	4,88	25,50
Huile végétale et graisse	9,76	-37,46	-23,32	-0,07	6,06
Produits laitiers	1,27	-37,34	-29,41	2,70	7,58
Riz	8,93	-30,38	-65,70	5,57	32,97
Sucre	-40,09	-25,70	-77,11	8,12	12,24
Autres nourritures	-2,45	-40,06	-59,18	4,02	22,30
Boissons et tabac	31,79	-34,62	-17,57	1,87	11,92
Textiles	37,16	-32,32	23,07	0,16	-0,21
Habillements, prêts à porter	33,88	-22,64	20,44	1,71	1,36
Produits en cuir	-10,65	-18,14	-28,24	2,45	12,87
Produits du bois	45,28	-26,40	28,67	1,72	3,33
Papier	41,88	-25,98	33,96	0,18	1,25
Produits chimiques	54,26	-28,58	79,02	-8,46	-3,50
Autre produits miniers	53,06	-26,40	64,07	-4,16	-1,76
Métaux ferreux	58,49	-28,11	71,29	-9,19	-1,80
Autres métaux	63,09	-32,61	76,92	-6,06	-1,82
Produits métalliques	54,53	-26,01	64,15	-1,94	-1,62
Véhicules à moteur	56,22	-31,56	84,84	-0,69	-3,85
Autres équipements de transp.	59,23	-26,95	68,51	0,19	-1,35
Equipements électroniques	50,30	-31,17	38,50	0,66	-1,14
Autres machines et équipe.	58,95	-26,88	71,15	0,27	-1,74
Autres secteurs manufacturés	66,88	-37,09	78,74	1,09	-2,78
Eaux	58,96	-33,49	186,74	-8,44	-13,73
Construction	51,06	-12,30	34,40	1,26	2,95
Services	40,72	-5,80	82,98	-0,40	5,88
Total	38,11	-17,58	51,30	-1,66	-0,40

Heureusement, cette tendance à l'industrialisation lourde semble ne pas être accompagnée d'une augmentation de l'intensité de la pollution. Les résultats de notre simulation montrent que, même sans une politique renforcée de lutte contre la pollution, le progrès technique devrait conduire à une baisse de l'intensité d'émission de SO₂. Ceci est reflété par l'importante diminution de l'intensité d'émission de SO₂ dans presque tous les secteurs industriels et de service. Ce résultat est semble-t-il à attribuer au processus de substitution des énergies (C.f. Tableau 8.5 et Annexe 8.4).

b. Les trois autres scénarios

Les principaux changements dans les indicateurs macroéconomiques pour les trois autres scénarios sont illustrés dans le Tableau 8.5.

De la même façon que dans les études sur le Mexique (Beghin et al, 1997 et 1998), le nouvel objectif de dioxyde de soufre, quand il est appliqué seul dans l'économie chinoise, ne conduit qu'à une faible perte de croissance économique (-0,95% pour le PIB). La plus grande contribution à la réduction de la pollution devrait ici provenir de la transformation de la composition énergétique de la Chine. On passerait ainsi d'une utilisation intensive du charbon au gaz et à l'électricité. En outre, comme la plupart des grands pollueurs sont concentrés dans les secteurs industriels, la production brute et les exportations de ces secteurs devraient aussi subir des pertes relativement plus importantes que le niveau moyen de l'économie chinoise.

Contrairement à ce que nous attendions, l'accession de la Chine à l'OMC ne semble apporter qu'un faible gain de croissance (0,75% pour le PIB réel). Le principal impact de la libéralisation commerciale est ici d'avoir permis une hausse de la part des exportations et des importations dans le PIB chinois. Cependant, si aucun renforcement de la politique de lutte contre la pollution n'est réalisé pas en même temps, la libéralisation commerciale devrait conduire à une augmentation des émissions de SO₂ de 1,64% par rapport au scénario BaU ; Soit une augmentation de l'intensité de l'émission du SO₂ de 0,89%.¹ En outre, les plus grandes différences de variation entre le PIB et l'émission se trouvent au niveau de l'industrie. Ainsi, avec une légère réduction du produit total de -0,06%, l'augmentation de l'émission de SO₂ de 1,68% dans les secteurs industriels signifie une augmentation réelle de l'intensité d'émission de SO₂ de 1,74%. La vision qui nous est ici donnée montre donc très clairement que l'accession de la Chine à l'OMC n'est pas un facteur favorable à l'environnement, mais qu'au contraire elle conduit à davantage de pollution au SO₂.

De la même façon que pour Beghin et al (1997 et 1998), nous obtenons pour la plupart des indicateurs macroéconomiques des variations en OPEN+SO₂ qui sont assez proches des additions simples des variations séparées des scénarii OPEN et Desulfur.² Dans le Tableau 8.5, on observe que la réduction de la consommation de charbon et de pétrole et que l'augmentation des utilisations de gaz et d'électricité sont dans le scénario combiné légèrement plus importantes que la somme des deux scénarios séparés. Cette situation indique que la

¹ L'augmentation de l'intensité d'émission du SO₂ de 0,89% est calculée en soustrayant la croissance du PIB réel de 0,75% à l'augmentation totale de l'émission de SO₂. Comme l'intensité d'émission de SO₂ = émission de SO₂ / PIB réel, nous pouvons soustraire la variation de PIB réel de la variation de l'émission pour obtenir la variation de l'intensité de l'émission.

² Excepté pour les exportations, les importations et les consommations d'énergies.

combinaison des politiques peut faciliter la substitution d'énergies peu polluantes (gaz, électricité) à d'autres qui le sont plus (charbon, pétrole).

Pour atteindre l'objectif de réduction de l'émission de SO₂ de 10% en 2005, le taux endogène nécessaire de taxation de l'émission doit augmenter d'environ 150% par an et atteindre 2,04 USD par kilogramme de SO₂ en 2005 (en dollar US de 1997). Ce taux a besoin de croître un peu plus rapidement quand la politique du dioxyde de soufre est mise en application en même temps que la libéralisation commerciale, soit 2,25 USD par kilogramme de SO₂ en 2005.^{1,2} Comparé au taux d'origine de 1997 (Tableau 8.5), l'augmentation du taux issue de la nouvelle politique du dioxyde de soufre devrait conduire à une hausse des prix ad valorem de l'énergie. Par exemple, la hausse des prix provoquée par cette taxe sur l'émission devrait être en 2005 d'environ 113% pour le charbon et de 8% pour le pétrole dans le scénario OPEN+SO₂.

8.4.3. Changements dans les prix et la structure de l'économie

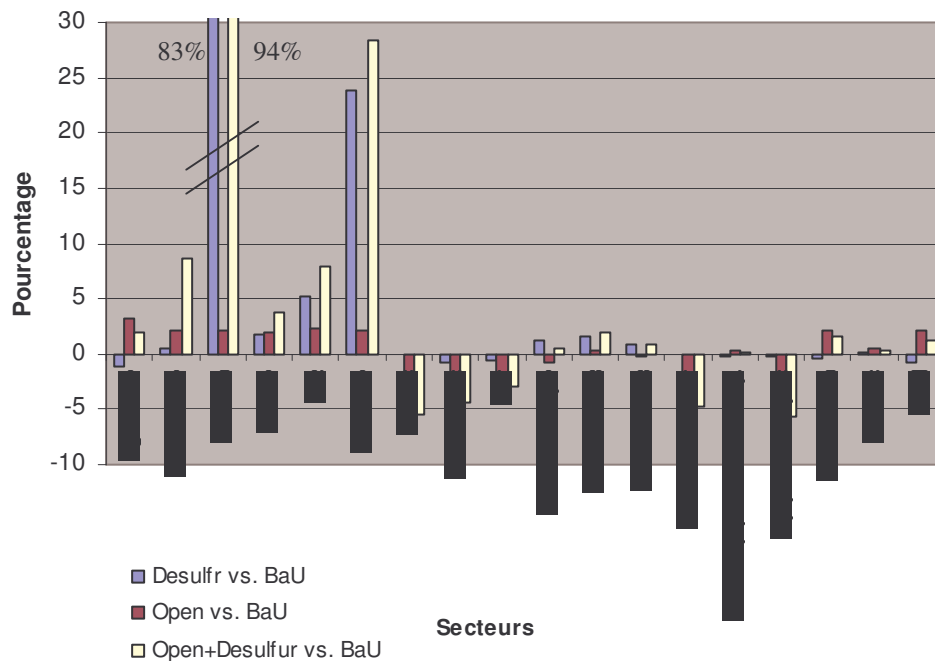
Le Graphique 8.1 montre en détail les changements dans les prix de marché par rapport au scénario BaU pour différents secteurs à la suite des politiques de libéralisation commerciale et de lutte contre la pollution. Il s'agit ici d'une étape intermédiaire pour mieux comprendre les changements dans les structures de production et de pollution. L'application de la nouvelle politique du dioxyde de soufre conduit ici à une augmentation ad valorem du prix du charbon de 104% (113%) avec le scénario Desulfur (OPEN+Desulfur), qui à son tour va provoquer une baisse de la demande du charbon. Le prix d'équilibre final du charbon sera ainsi de 83% (94%) plus élevé que le prix original. Cette élévation du prix du charbon devrait ensuite encourager les producteurs à substituer le charbon avec d'autres énergies plus propres, et par là même engendrer une hausse de la demande du pétrole, du gaz et de l'électricité et donc de leurs prix. A la suite de cette tendance générale à l'augmentation des prix de toutes les énergies, le coût de production et le prix des produits dont le procédé de production a besoin de beaucoup d'intrants énergétiques, tels que l'électricité, les produits chimiques, les métaux ferreux, etc. vont aussi croître. Au final, cela va réduire la compétitivité des secteurs produisant ces produits et donc réduire leur production. Ceci devrait à son tour permettre de libérer les ressources qui sont à l'origine utilisées dans ces secteurs et de les rendre disponibles à des prix inférieurs pour les secteurs moins consommateurs d'énergie. Par conséquent, la compétitivité de ces secteurs moins consommateurs d'énergies pourra ensuite

¹ Soit 8,34 yuans par Kg de SO₂ (taux de change PPA : 1 US\$=4.07691yuans).

² L'amplitude des taux nécessaires de taxation de l'émission de SO₂ trouvée dans nos simulation correspond bien à celle trouvée par Bighin et al. (1997, 1998) pour le Mexique et le Chili.

être renforcée et nous pourrions ainsi observer une tendance générale à la diminution des prix dans les secteurs du textile, de l'habillement, des produits en cuir et des équipements électroniques.

Graphique 8.1. Changements dans les prix des différentes politiques¹



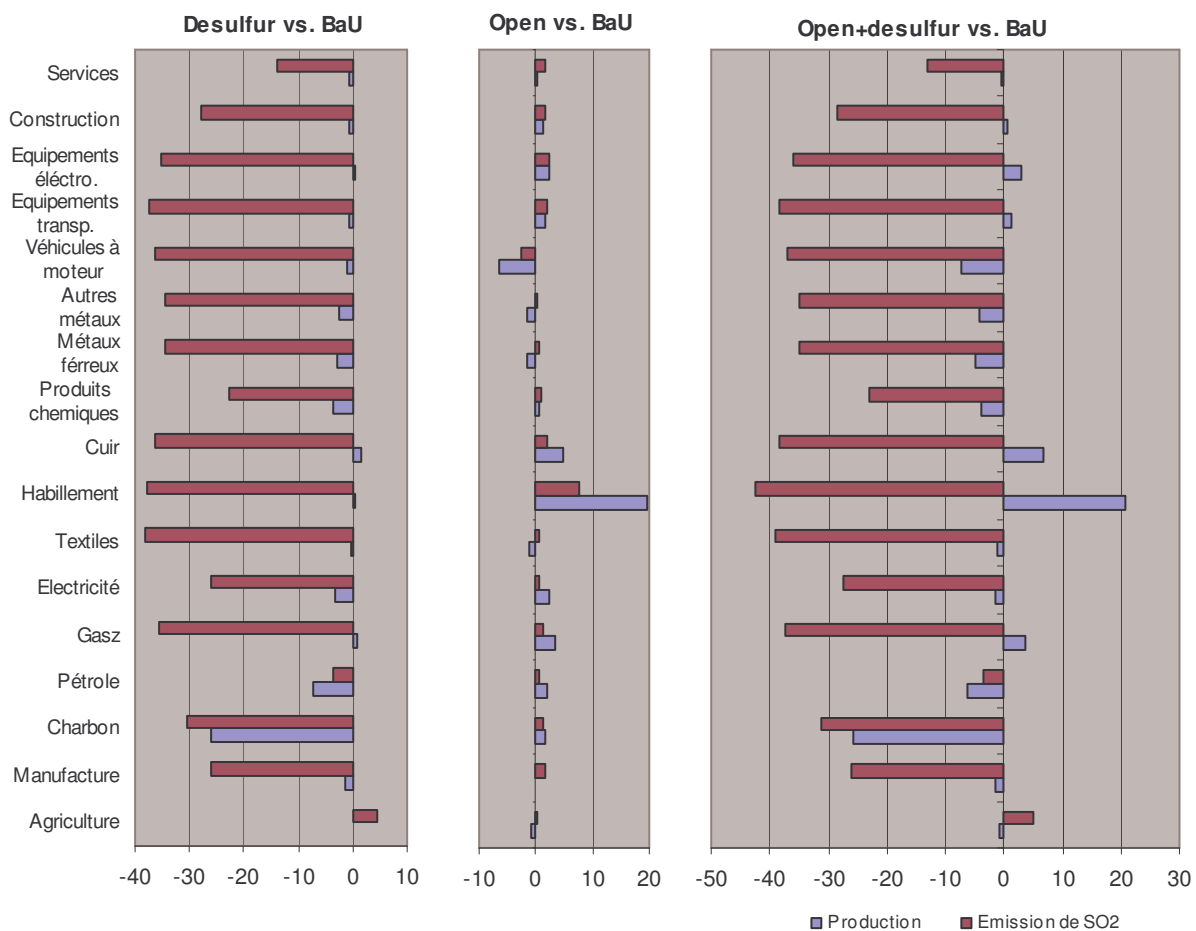
A partir du graphique 8.1, on peut également observer les changements dans la structure des prix sous le scénario de la libéralisation commerciale. Comme les secteurs industriels intensifs en main-d'œuvre sont en Chine ceux qui possèdent un avantage comparatif sur le marché mondial, ce sont ces secteurs qui en période de libéralisation du commerce bénéficient de la plus importante hausse de productivité. En comparant les changements dans la structure des prix entre les scénarii OPEN et Desulfur, nous pouvons aussi observer qu'à l'exception du secteur des produits chimiques, la direction du changement de prix est cohérente dans tous les secteurs industriels. On peut ainsi en conclure une certaine synergie entre ces deux politiques. Clairement, bien qu'au niveau de l'ensemble de l'économie industrielle chinoise, nous n'avons pas réussi à prouver une relation positive entre le ratio capitalistique et l'émission, cette analyse en EGC, se basant sur l'hypothèse que l'émission provient directement de la combustion des énergies, a plutôt tendance à confirmer l'hypothèse que les secteurs les plus intensifs en travail sont également les secteurs les moins polluants au niveau sectoriel.

D'autres éléments en faveur d'une compatibilité des politiques d'ouverture et du contrôle du dioxyde de soufre peuvent être trouvés dans la structure des prix du scénario

¹ A cause du manque d'espace, nous ne reportons ici que les secteurs industriels les plus importants. Des tableaux plus détaillés des résultats des simulations pour les 55 secteurs sont disponibles auprès de l'auteur.

combiné. Les différences dans les changements de prix entre secteurs polluants et ceux qui le sont moins sont ici généralement plus remarquables que celles que l'on observe dans les deux scénarios séparés. En comparant la structure des prix des trois scénarios, nous pouvons aussi voir que l'effet de la baisse des prix dans les secteurs les moins polluants est principalement dû au processus de libéralisation commerciale, alors que l'effet de l'augmentation des prix dans les secteurs les plus polluants est principalement provoqué par la politique du dioxyde de soufre.

Graphique 8.2. Changements dans la production et dans l'intensité de l'émission de SO₂



Le Graphique 8.2 illustre les changements qui ont lieu dans la production et l'émission de SO₂ dans quelques secteurs industriels pour trois scénarii par rapport au BaU. Nous utilisons les barres claires pour représenter les variations de production. Etant donné les changements dans la structure des prix, la tendance initiale à l'industrialisation lourde devrait être empêchée dans les trois scénarii. Regardons d'abord le scénario Desulfur, en plus des trois secteurs d'énergie (charbon, pétrole et électricité), dont la réduction de la production devrait être expliquée par la réduction de la demande intermédiaire de consommation, la baisse de production la plus importante par rapport au scénario BaU se produit au niveau des

industries grandes consommatrices d'énergies telles que les produits chimiques, les métaux ferreux, les autres métaux et les produits métalliques.

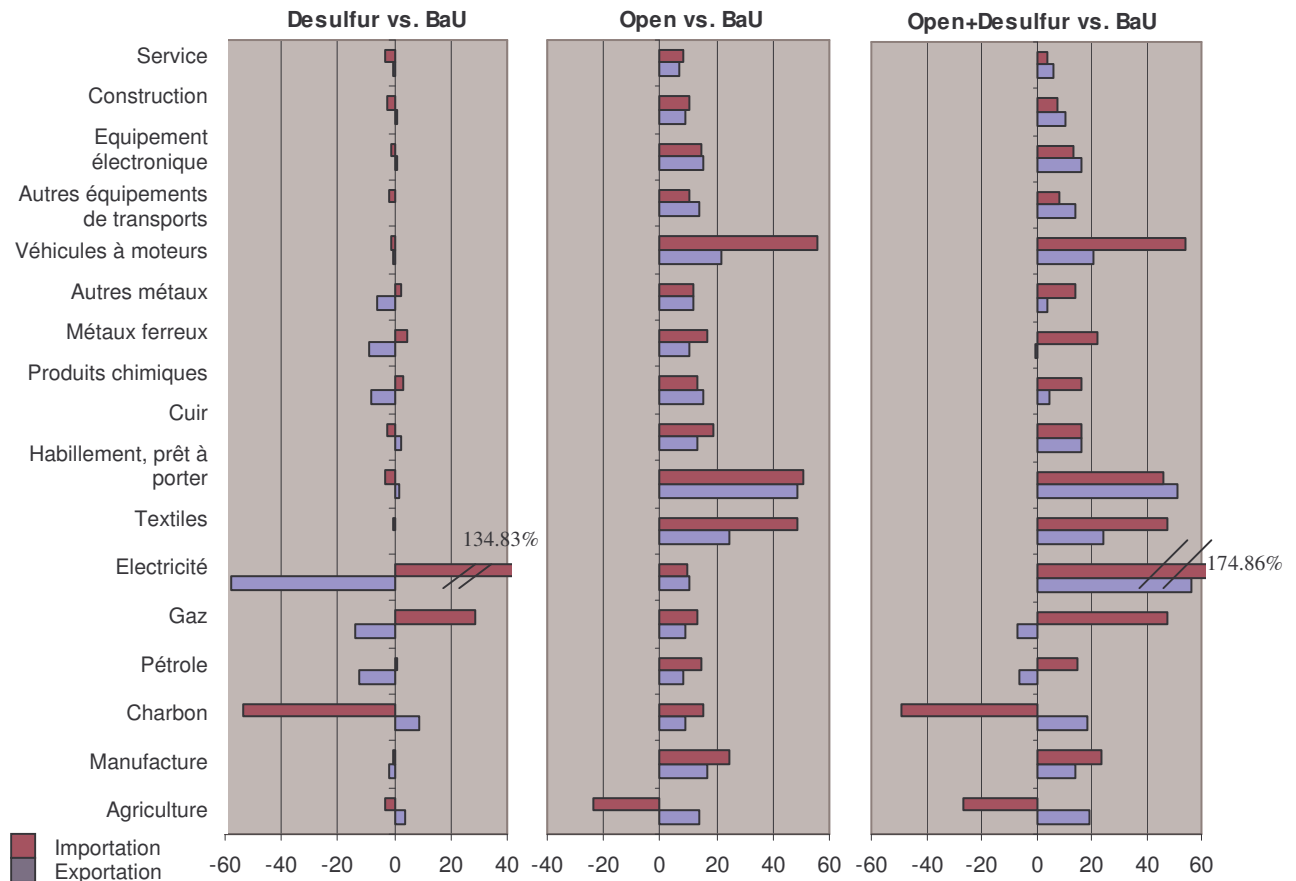
Dans le scénario OPEN, les changements dans la structure des prix prédisent également des réductions significatives de production dans de nombreux secteurs industriels lourds intensifs en capital (autres véhicules à moteur, -6,42%, autres métaux, -1,55%, métaux ferreux, -1,64%, etc.). Dans le même temps, ce scénario prévoit par rapport au BaU une augmentation de 19,81% dans le secteur de l'habillement, de 2,42% pour l'équipement électronique et de 4,99% pour la production en cuir. La réduction de la production dans le secteur du textile peut ici être expliquée par la domination de la préoccupation des prix dans la prise de décision de maximisation du profit d'un producteur d'un grand pays qui fait face à une courbe de demande descendante sur le marché mondial.

La compatibilité entre les scénarii OPEN et Desulfur observée à partir des changements dans la structure des prix conduit à des changements dans la structure industrielle qui sont encore plus remarquables dans le scénario combiné. A partir du Graphique 8.2, nous pouvons ainsi facilement distinguer de plus grandes augmentations de production dans les secteurs de l'habillement (20,87%), de la production en cuir (6,71%) et des équipements électriques (2,83%) par rapport au scénario OPEN. Entre temps, en raison du renforcement de la lutte contre la pollution, la diminution de la production dans les secteurs de l'industrie lourde, tels que les métaux ferreux, les autres métaux et les produits chimiques, est également encore plus remarquable.

Les barres les plus foncées du Graphique 8.2 reflètent les changements dans l'émission de SO₂. Pour atteindre l'objectif de réduction de SO₂ de 10%, la nouvelle politique du dioxyde de soufre devra faire diminuer l'intensité d'émission de SO₂ de la même façon dans tous les secteurs industriels (environ -37%). La présence de la libéralisation commerciale devrait par contre mener à une légère augmentation de l'intensité de la pollution dans la plupart des secteurs industriels, mais pas de façon uniforme. Le curieux accroissement de l'intensité d'émission du SO₂ dans de nombreux secteurs orientés vers l'exportation, tels que l'habillement (7,8%), l'équipement électronique (2,51%) et les produits en cuir (2,07%) révèle le fait que les secteurs qui possèdent un avantage comparatif vont, en période d'ouverture au commerce, produire avec une intensité plus élevée de pollution. Ce phénomène pourrait être dû à l'amélioration des termes de l'échange de ces secteurs d'exportation, réduisant ainsi le coût relatif de la taxe sur la pollution. Par conséquent, le résultat contre-intuitif de l'augmentation de l'émission de SO₂ obtenu dans le scénario OPEN serait en fait le résultat

final des variations dans la structure de production et des changements inégaux d'intensité de pollution dans différents secteurs.

Graphique 8.3. Changements dans la structure du commerce (%)



Combiner le commerce et la politique de lutte contre la pollution semble ici être une bonne mesure pour remédier à la légère augmentation de l'intensité de SO_2 qui se produit dans les secteurs d'exportation les plus importants. D'une part, l'économie chinoise peut récolter les fruits de la libéralisation et agrandir l'échelle de sa production dans certains secteurs avantageux. D'autre part, la nouvelle politique de lutte contre la pollution peut imposer des conditions plus exigeantes, en particulier en ce qui concerne les secteurs orientés vers l'exportation, pour qui le risque de pollution augmente le plus en période de libéralisation commerciale. Sur le Graphique 8.2, nous voyons ainsi que la plus forte réduction de pollution se produit dans les secteurs les plus orientés vers l'exportation (textile, -39,02%, habillement, 42,45%, produits en cuir, -38,44%, équipement électronique, -36,12%).

Le fait que les ratios de production de la plupart des secteurs lourds et intensifs en SO_2 diminuent à la fois dans le scénario OPEN et le scénario OPEN+Desulfur prouve une fois de plus le faible impact de «havre de pollution» dans le cas de la Chine. Comme cela est suggéré dans la conclusion de la Partie 2, l'avantage comparatif traditionnel de la Chine dans les

secteurs de main-d'œuvre relativement propres domine réellement son avantage comparatif environnemental de pays à bas revenus dit de «havre de pollution». La nouvelle découverte de ce chapitre est donc que, si on considère la libéralisation commerciale comme un facteur de détérioration de l'environnement chinois, cela est surtout dû au fait que la pression fiscale sur la pollution est trop faible dans les secteurs exportateurs et non à une hypothétique transformation de la structure industrielle de la Chine vers des secteurs polluants.

Le détail des variations commerciales des différents scénarios est montré dans le Graphique 8.3. En raison des changements dans l'utilisation des énergies issus de l'application de la nouvelle politique du dioxyde de soufre, nous observons une augmentation de l'exportation nette de charbon et une tendance contraire pour les trois autres énergies (considérées comme plus propres). L'importation d'énergies «propres» est encore plus forte dans le cas du scénario combiné (47,91% pour le gaz et 174,86% pour l'électricité). Ceci montre la contribution de la libéralisation au relâchement de la contrainte sur l'offre domestique de ces énergies en s'ouvrant à l'offre mondiale. De façon générale, la dépendance de l'économie chinoise à l'égard des énergies importées plus propres devrait augmenter en raison de la politique de contrôle des émissions. Cependant, la baisse du surplus de la balance commerciale liée à ces importations dans le domaine de l'énergie devrait être relativement limitée. Tout le surplus de la balance commerciale dans les deux scénarios qui incluent la politique du dioxyde de soufre devrait ainsi se stabiliser aux environs de 30 milliards de dollars US. Ces résultats montrent ainsi de façon évidente que la Chine est capable de financer ses importations d'énergie grâce à ses exportations.

8.5. Analyse de la décomposition

Puisque notre modèle en EGC distingue les changements de production et d'émission dans chaque secteur économique, et que différents canaux de transmission du progrès technique sont inclus dans la fonction de production, cela nous offre une réelle opportunité de calculer la contribution des effets d'échelle, de composition et de technique sur la variation de l'émission de SO₂ par la méthode de décomposition de l'indice de Divisia. À partir de la fonction de production (8.5), la fonction de détermination de l'émission du secteur j peut ainsi être exprimée par l'équation (8.6).

$$SO_{2jt} = \sum_f \left(\frac{\varphi_f \lambda \times AT \times BT \times X_{f,j}}{X_j} \right) \times \left(\frac{X_j}{\sum_j X_j} \right) \times \sum_j X_j \quad (8.6)$$

ϕ_f est le taux d'émission estimé de SO₂ supposé fixe pour l'énergie f . ΣX_j indique l'effet d'échelle. $\frac{X_j}{\Sigma X_j}$ capture les changements de composition. $\sum_f (\frac{\phi_f \lambda \times AT \times BT \times X_{fi}}{X_i})$ révèle les différents canaux à travers lesquels l'effet de technique affecte l'émission de SO₂. On distingue ici trois canaux différents : l'augmentation de la productivité globale des facteurs indiquée par λ (*effet de technique neutre*), l'expansion de l'externalité du commerce représentée par AT et BT (*effet d'externalité*), et la substitution des énergies polluantes par d'autres moins polluantes notée X_{fi} (*effet de substitution*). En partant de l'équation (8.6), la méthode de décomposition de l'indice de Divisia permet de décomposer les changements de l'émission totale de SO₂ dans chaque scénario en une somme des variations des cinq déterminants dans l'équation (8.7).

$$\begin{aligned}
 \ln(SO_{2,jt}/SO_{2,j0}) = & \left\{ \sum_f 0.5 \times \left(\frac{X_{f,jt} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,jt} \times \phi_f)} + \frac{X_{f,j0} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,j0} \times \phi_f)} \right) \right\} \ln \left(\frac{\sum_i X_{it}}{\sum_j X_{j0}} \right) & \text{(Échelle)} \\
 & + \left\{ \sum_f 0.5 \times \left(\frac{X_{f,jt} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,jt} \times \phi_f)} + \frac{X_{f,j0} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,j0} \times \phi_f)} \right) \right\} \ln \left(\frac{\frac{X_{jt}}{\sum_j X_{jt}}}{\frac{X_{j0}}{\sum_j X_{j0}}} \right) & \text{(Composition)} \\
 & + \left\{ \sum_f 0.5 \times \left(\frac{X_{f,jt} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,jt} \times \phi_f)} + \frac{X_{f,j0} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,j0} \times \phi_f)} \right) \right\} \ln \left(\frac{\lambda_{j0}}{\lambda_{jt}} \right) & \text{(Technique)} \\
 & + \left\{ \sum_f 0.5 \times \left(\frac{X_{f,jt} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,jt} \times \phi_f)} + \frac{X_{f,j0} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,j0} \times \phi_f)} \right) \right\} \ln \left(\frac{AT_{j0} \times BT_0}{AT_{jt} \times BT_t} \right) & \text{(Externalité)} \\
 & + \left\{ \sum_f 0.5 \times \left(\frac{X_{f,jt} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,jt} \times \phi_f)} + \frac{X_{f,j0} \times \phi_f}{\sum_f (X_{f,j0} \times \phi_f)} \right) \right\} \ln \left(\frac{\frac{X_{f,jt} \times \lambda_{jt} \times AT_{jt} \times BT_t}{X_{jt}}}{\frac{X_{f,j0} \times \lambda_{j0} \times AT_{j0} \times BT_0}{X_{j0}}} \right) & \text{(Substitution)}
 \end{aligned}
 \tag{8.7}$$

Les résultats de la décomposition pour les quatre scénarii sont rapportés dans le Tableau 8.9. Dans chacun des quatre scénarii, la contribution la plus importante à l'augmentation de l'émission de SO₂ provient de l'expansion de l'échelle de production. Bien que l'effet de composition, représenté par les chiffres positifs généralement grands des colonnes de l'effet de composition du Tableau 8.9, aggrave cette tendance à la détérioration de l'environnement, nous observons que pour les deux scénarii relatifs à la politique de réduction du SO₂, les chiffres positifs notés dans les colonnes de l'effet de composition sont relativement plus petits, ce qui montre que la transformation de la structure industrielle limite actuellement le

potentiel de croissance de l'émission de SO₂ quand la nouvelle politique visant à réduire la pollution est appliquée. En ce qui concerne la contribution de l'effet de technique, à côté des légères différences dans l'effet d'externalité du commerce dues à la variation du volume d'échange dans les différents scénarios, nous remarquons que les effets de technique neutre et de substitution des énergies sont les principaux contributeurs de la réduction de l'émission de SO₂. Dans les scénarios où la nouvelle politique de réduction du dioxyde de soufre n'est pas appliquée, la force de réduction de SO₂ la plus importante vient du progrès technique. Ainsi, quand on compare les deux scénarii où l'objectif de réduction du SO₂ est imposé, le plus important déterminant de la réduction de SO₂ se révèle être le processus de substitution des énergies.¹

La comparaison des résultats de décomposition entre le scénario OPEN et le scénario BaU indique comment le commerce influence l'émission de SO₂. L'élargissement de l'échelle de production en période de libéralisation commerciale conduit à une légère augmentation de l'émission de SO₂ par rapport au scénario BaU. Ceci correspond à l'effet l'échelle issue de l'ouverture au commerce. Pour l'effet de composition, contribuant légèrement à la réduction de SO₂, son influence positive sur l'environnement est en effet annulé par l'expansion des secteurs de l'électricité et du pétrole dans l'économie^{2,3}. L'augmentation des activités d'exportation et d'importation en période d'ouverture au commerce peut aussi contribuer à la réduction du SO₂ par rapport à BaU à travers l'effet d'externalité. Cependant, sans renforcement supplémentaire de la politique anti-pollution, la libéralisation commerciale ne contribue pas vraiment à la réduction de l'émission de SO₂ par le canal de la substitution des énergies. En combinant ces différents aspects ensemble, nous obtenons une augmentation totale de la pollution au SO₂ de 180 000 tonnes dans le scénario OPEN par rapport au scénario BaU.

¹Le détail de la variation des intrants énergétiques utilisé au niveau sectoriel sont fournis en annexe.

² Un simple calcul peut clarifier ce point dans le Tableau 8.9. Si nous mettons de côté la variation de la composition des secteurs énergétiques, l'effet de composition pour le scénario OPEN sera de 491,34 Kilotonnes, ce qui est plus petit que pour le scénario BaU, avec 499,49 Kilotonnes. La différence entre l'effet de composition du scénario OPEN et celui de BaU reflète la contribution à la réduction de la pollution de la libéralisation commerciale qui vient de la transformation de la composition industrielle.

³ L'expansion des secteurs énergétiques, en particulier l'électricité et le pétrole, peut être expliquée, d'une part, par l'augmentation de la demande de ces intrants dans le processus de production (substitution des énergies), et d'autre part, par l'augmentation de la demande finale pour les biens de luxe, tels que les équipements électroniques et les véhicules privés. Selon les résultats de la simulation, la croissance du revenu entre 1997 et 2005 devrait ainsi doubler la demande finale de ces deux types de biens.

Tableau 8.9. Décomposition du changement de l'émission de SO₂ (l'année de référence: 1997, la méthode de Divisia)

Secteur	BaU							Desulfur						
	Effet						ΔEmission	Effet						ΔEmission
	Echelle	Composition	Externalité	Technique	Substitution	Résidu		Echelle	Composition	Externalité	Technique	Substitution	Résidu	
Agriculture	138,28	-92,44	-3,05	0,00	74,36	0,01	117,16	139,44	-92,32	-3,11	0,00	87,88	0,00	131,89
Manufacturé	4586,78	968,12	-132,82	-2314,04	-917,85	-0,51	2189,68	3814,30	642,80	-107,51	-1956,29	-2825,46	-13,56	-445,70
Charbon	0,27	-0,18	-0,01	-0,14	0,03	0,00	-0,02	0,18	-0,22	0,00	-0,09	-0,16	0,00	-0,29
Pétrole	751,70	451,38	-16,58	-379,24	126,51	0,00	933,78	693,04	335,74	-15,47	-355,45	66,60	0,05	724,52
Gaz naturel	21,08	-0,25	-0,47	-10,63	-0,53	-0,01	9,19	16,75	0,34	-0,37	-8,59	-13,73	-0,14	-5,75
Electricité	1938,41	-19,40	-42,76	-977,93	-919,67	-0,25	-21,60	1609,99	-87,85	-35,93	-825,73	-1710,51	-8,10	-1058,13
Minière	28,33	8,03	-0,63	-14,29	3,86	-0,01	25,29	21,60	5,92	-0,48	-11,08	-15,79	-0,15	0,03
Bétail de bovin, moutons	0,92	-1,57	-0,02	-0,46	-1,22	0,00	-2,36	0,77	-1,29	-0,02	-0,40	-1,69	0,00	-2,62
Autres viandes	0,92	-0,94	-0,02	-0,46	-0,32	0,00	-0,83	0,74	-0,74	-0,02	-0,38	-0,91	0,00	-1,31
Huile végétale et graisse	10,13	-6,19	-0,22	-5,11	-8,29	0,00	-9,68	8,28	-5,11	-0,18	-4,25	-13,19	-0,04	-14,49
Produits laitiers	0,63	-0,42	-0,01	-0,32	-0,54	0,00	-0,65	0,51	-0,33	-0,01	-0,26	-0,87	0,00	-0,97
Riz	27,01	-17,57	-0,60	-13,63	-15,02	0,00	-19,81	21,58	-13,84	-0,48	-11,07	-30,77	-0,09	-34,67
Sucre	0,13	-0,27	0,00	-0,06	-0,25	0,00	-0,46	0,11	-0,23	0,00	-0,06	-0,31	0,00	-0,48
Autres nourritures	5,21	-4,50	-0,11	-2,63	-7,28	0,00	-9,31	4,26	-3,62	-0,10	-2,19	-9,71	-0,02	-11,37
Boissons et tabac	27,68	-2,57	-0,61	-13,97	-10,27	0,00	0,26	21,74	-1,84	-0,49	-11,15	-26,83	-0,07	-18,63
Textiles	51,28	-0,46	-1,46	-25,87	-14,15	-0,01	9,34	39,85	0,18	-1,15	-20,44	-46,50	-0,20	-28,27
habillements prêts à porter	6,31	-0,70	-0,18	-3,18	-0,07	0,00	2,17	4,92	-0,42	-0,14	-2,52	-4,32	-0,04	-2,53
Produits en cuir	3,07	-3,41	-0,07	-1,55	-0,53	0,00	-2,49	2,50	-2,71	-0,06	-1,28	-2,47	-0,02	-4,04
Produits du bois	16,43	2,23	-0,50	-8,29	-0,72	0,00	9,15	12,74	1,97	-0,40	-6,54	-11,59	-0,07	-3,88
Papier	50,24	3,25	-1,56	-25,35	-3,03	-0,01	23,55	38,94	2,79	-1,24	-19,97	-36,05	-0,18	-15,70
Produits chimiques	634,83	211,08	-26,06	-320,27	-42,81	-0,05	456,72	532,42	151,33	-20,29	-273,07	-303,50	0,27	87,16
Autre produits miniers	445,77	128,19	-17,62	-224,89	-0,96	-0,07	330,42	346,07	98,82	-13,39	-177,49	-285,93	-1,93	-33,86
Métaux ferreux	358,97	136,83	-14,75	-181,10	-10,82	-0,06	289,07	277,32	97,05	-10,62	-142,23	-232,59	-1,70	-12,76
Autres métaux	44,38	20,92	-1,86	-22,39	-5,43	-0,01	35,61	34,45	15,53	-1,40	-17,67	-31,73	-0,27	-1,09
Produits métaux	19,10	5,87	-0,76	-9,64	0,23	0,00	14,80	14,65	4,50	-0,58	-7,51	-12,52	-0,11	-1,58
Véhicules à moteur	15,86	5,49	-0,69	-8,00	-2,01	0,00	10,63	12,28	4,32	-0,54	-6,30	-11,94	-0,10	-2,28
Autres équip. de transp.	9,13	3,56	-0,38	-4,61	0,11	0,00	7,81	7,02	2,82	-0,29	-3,60	-5,97	-0,05	-0,08
Equipements électroniques	4,02	0,93	-0,13	-2,03	-0,61	0,00	2,18	3,18	0,82	-0,11	-1,63	-3,03	-0,03	-0,79
Autres machines et équipe.	85,29	32,77	-3,54	-43,03	0,98	-0,02	72,45	65,50	26,00	-2,77	-33,59	-55,97	-0,46	-1,30
Autres secteurs manuf.	28,17	15,45	-1,20	-14,21	-4,75	0,00	23,45	21,63	12,40	-0,94	-11,09	-22,72	-0,13	-0,85
Eaux	1,48	0,57	-0,03	-0,75	-0,26	0,00	1,02	1,28	0,48	-0,03	-0,66	-0,77	0,00	0,30
Construction	23,31	5,97	-0,51	-11,76	7,73	0,00	24,73	19,14	5,08	-0,43	-9,82	-5,26	-0,05	8,66
Services	469,06	49,39	-10,35	-236,64	137,78	0,06	409,30	423,20	48,72	-9,44	-217,05	6,18	1,87	253,47
Total	5217,43	931,04	-146,73	-2562,45	-697,98	-0,44	2740,87	4396,09	604,28	-120,49	-2183,15	-2736,66	-11,73	-51,68

Tableau 8.9. (Suite) Décomposition du changement de l'émission de SO₂ (l'année de référence: 1997, la méthode de Divisia)

Secteur	OPEN							Desulfur+OPEN						
	Effet						Δ Emission	Effet						Δ Emission
	Echelle	Composition	Externalité	Technique	Substitution	Résidu		Echelle	Composition	Externalité	Technique	Substitution	Résidu	
Agriculture	137,54	-95,36	-3,28	0,00	75,89	0,01	114,80	138,79	-95,28	-3,36	0,00	90,43	0,00	130,59
Manufacturé	4621,33	1070,89	-142,99	-2334,09	-865,79	-0,52	2348,83	3800,50	700,25	-114,77	-1953,83	-2874,15	-15,27	-457,26
Charbon	0,27	-0,18	-0,01	-0,14	0,04	0,00	-0,01	0,18	-0,22	0,00	-0,09	-0,16	0,00	-0,30
Pétrole	762,27	486,76	-18,19	-385,00	139,73	0,00	985,57	697,77	357,52	-16,87	-358,72	73,12	0,05	752,88
Gaz naturel	21,55	1,04	-0,51	-10,88	-0,03	-0,01	11,15	16,84	1,27	-0,41	-8,66	-14,17	-0,16	-5,29
Electricité	1961,65	59,93	-46,82	-990,77	-912,45	-0,26	71,28	1610,49	-30,84	-38,93	-827,95	-1747,46	-9,25	-1043,94
Minière	28,25	7,58	-0,67	-14,27	4,17	-0,01	25,05	21,22	5,45	-0,51	-10,91	-16,28	-0,16	-1,19
Bétail de bovin, moutons	0,90	-1,62	-0,02	-0,45	-1,20	0,00	-2,39	0,75	-1,32	-0,02	-0,39	-1,68	0,00	-2,65
Autres viandes	0,89	-1,02	-0,02	-0,45	-0,31	0,00	-0,91	0,71	-0,80	-0,02	-0,36	-0,90	0,00	-1,38
Huile végétale et graisse	9,71	-7,30	-0,23	-4,90	-8,17	0,00	-10,90	7,88	-6,00	-0,19	-4,05	-13,08	-0,04	-15,48
Produits laitiers	0,61	-0,47	-0,01	-0,31	-0,53	0,00	-0,70	0,49	-0,36	-0,01	-0,25	-0,87	0,00	-1,01
Riz	26,59	-18,90	-0,63	-13,43	-14,65	0,00	-21,03	21,03	-14,72	-0,51	-10,81	-30,90	-0,10	-36,01
Sucre	0,12	-0,29	0,00	-0,06	-0,23	0,00	-0,47	0,10	-0,25	0,00	-0,05	-0,29	0,00	-0,49
Autres nourritures	4,86	-5,36	-0,12	-2,45	-7,09	0,00	-10,17	3,96	-4,31	-0,10	-2,04	-9,47	-0,02	-11,97
Boissons et tabac	26,29	-6,23	-0,63	-13,28	-10,77	0,00	-4,63	20,48	-4,67	-0,50	-10,53	-27,08	-0,07	-22,36
Textiles	51,10	-1,36	-1,65	-25,81	-13,42	-0,01	8,85	39,21	-0,41	-1,29	-20,16	-47,16	-0,22	-30,03
habillements prêts à porter	7,16	1,57	-0,26	-3,62	0,80	0,00	5,65	5,47	1,41	-0,21	-2,81	-4,37	-0,05	-0,55
Produits en cuir	3,17	-3,24	-0,08	-1,60	-0,43	0,00	-2,17	2,54	-2,52	-0,06	-1,31	-2,52	-0,02	-3,90
Produits du bois	16,53	2,30	-0,52	-8,35	-0,33	0,00	9,63	12,65	2,05	-0,42	-6,50	-11,80	-0,08	-4,10
Papier	48,72	-1,64	-1,41	-24,61	-3,28	-0,01	17,78	37,34	-1,03	-1,11	-19,20	-36,65	-0,19	-20,84
Produits chimiques	638,53	218,86	-27,88	-322,50	-31,92	-0,05	475,04	529,26	150,80	-21,54	-272,09	-306,91	0,41	79,92
Autre produits miniers	448,10	130,32	-18,54	-226,32	8,72	-0,07	342,21	342,87	98,70	-13,93	-176,27	-291,73	-2,18	-42,53
Métaux ferreux	356,27	125,60	-15,47	-179,94	-6,96	-0,06	279,43	271,20	85,28	-11,01	-139,42	-236,90	-1,89	-32,75
Autres métaux	44,02	19,58	-1,99	-22,23	-5,04	-0,01	34,33	33,70	14,13	-1,47	-17,33	-32,24	-0,30	-3,51
Produits métaux	19,32	6,27	-0,83	-9,76	0,79	0,00	15,79	14,59	4,75	-0,63	-7,50	-12,75	-0,12	-1,66
Véhicules à moteur	15,07	3,41	-0,73	-7,61	-2,65	0,00	7,49	11,56	2,66	-0,56	-5,94	-12,33	-0,10	-4,72
Autres équipements de transp.	9,31	3,94	-0,41	-4,70	0,46	0,00	8,60	7,05	3,09	-0,32	-3,62	-6,05	-0,06	0,08
Equipements électroniques	4,12	1,14	-0,15	-2,08	-0,43	0,00	2,59	3,21	0,99	-0,12	-1,65	-3,04	-0,03	-0,64
Autres machines et équipe.	85,35	32,23	-3,82	-43,11	2,46	-0,02	73,10	64,67	25,40	-2,96	-33,24	-57,15	-0,52	-3,80
Autres secteurs manuf.	29,12	17,39	-1,34	-14,71	-2,83	0,00	27,62	22,00	13,75	-1,04	-11,31	-22,56	-0,15	0,69
Eaux	1,49	0,58	-0,04	-0,75	-0,23	0,00	1,04	1,27	0,48	-0,03	-0,66	-0,77	0,01	0,30
Construction	23,65	6,64	-0,56	-11,95	8,57	0,00	26,35	19,22	5,60	-0,46	-9,88	-5,26	-0,05	9,16
Services	473,61	56,71	-11,30	-239,21	152,05	0,06	431,92	424,88	55,44	-10,27	-218,43	12,10	2,12	265,85
Total	5256,13	1038,89	-158,14	-2585,25	-629,29	-0,45	2921,89	4383,39	666,01	-128,86	-2182,14	-2776,88	-13,19	-51,66

La comparaison entre les colonnes Desulfur et OPEN+Desulfur explique comment la libéralisation commerciale aide à rendre le nouvel objectif de réduction des émissions de SO₂ moins coûteux, et comment celui-ci, à son tour, conduit le commerce à une plus grande capacité de réduction de la pollution. Premièrement, la coexistence de la libéralisation commerciale et de la politique du dioxyde de soufre permet de récompenser le coût potentiel de l'objectif de réduction des émissions par un gain de croissance économique. Cela est reflété par une réduction moins importante de l'échelle de production sous le scénario Desulfur+OPEN. Deuxièmement, la réduction de l'émission issue de la réduction de l'échelle de production sous le scénario Desulfur peut, dans le cas de politiques combinées, être réalisée par la transformation de la composition plus significative et un effet de technique plus important, ce dernier étant composé d'une externalité du commerce plus forte et d'un effet de substitution des énergies plus significatif.¹

8.6. Conclusion et implications politiques

Le fait que la promesse d'accession de la Chine à l'OMC et que l'application de sa politique de lutte contre le SO₂ aient été simultanément mises en oeuvre au cours des années 2001 à 2005 nous offre un parfait contexte politique pour analyser le lien entre la croissance économique, le commerce et la pollution. Dans ce chapitre, nous avons ainsi essayé d'indiquer le rôle spécifique du commerce dans la croissance économique et la situation environnementale de la Chine par la construction et la simulation d'un modèle en EGC.

Ce modèle a paramétrisé pour la Chine les multiples aspects des liens entre le commerce, la croissance et la pollution, et a fait des comparaisons numériques explicites sur l'importance de l'incidence du commerce sur l'environnement tout en prenant en compte celui que le commerce a aussi sur la croissance économique. Nos résultats montrent que pour la Chine, avec sa dotation en ressources naturelles (importants gisements de charbon) et sa stratégie d'industrialisation, le processus de croissance économique devrait s'avérer très polluant, et ce malgré la présence d'un progrès technique significatif dans la productivité des facteurs. Selon la simulation du scénario BaU, l'émission potentielle de SO₂ devrait ainsi augmenter de 33,17% entre 2001 et 2005.

Sous la condition de libéralisation commerciale, le processus de spécialisation encourage une orientation de la structure industrielle chinoise vers des secteurs intensifs en main-d'œuvre moins polluants. En outre, l'externalité positive du commerce contribue

¹ Dans le Tableau 8.9, avec le scénario combiné, la contribution supplémentaire de la substitution des énergies à la réduction de SO₂ issue de la libéralisation commerciale est de 8,37, et la contribution supplémentaire de l'externalité du commerce est d'environ 40,22.

également à une réduction des émissions de SO₂. Nous n'avons ainsi trouvé aucune preuve attestant de l'existence d'un «havre de pollution» en Chine. Cependant, en raison d'un exercice moins strict du contrôle de la pollution dans certains secteurs orientés vers l'exportation, et de l'augmentation de l'échelle de production totale et de l'expansion de quelques secteurs énergétiques accompagnant la croissance économique, l'impact du commerce sur l'environnement est globalement «négatif». La hausse de SO₂ purement provoquée par l'accession à l'OMC est ici d'environ 1,64%.

Bien qu'apparemment ambitieuse, la nouvelle politique du dioxyde de soufre n'induit ici qu'une très petite perte de croissance économique. La croissance réelle du PIB décroît ainsi de seulement -0,95% par rapport au scénario BaU (pour l'année 2005). Dans ce scénario, la majeure partie de la réduction de la pollution est réalisée grâce au processus de substitution des énergies.

La combinaison des politiques de libéralisation commerciale et de lutte contre la pollution semble permettre à la croissance économique de la Chine de mieux pouvoir s'adapter au nouvel objectif d'émission de SO₂. La libéralisation commerciale présente ainsi plusieurs avantages :

- Elle accélère la transformation de la composition industrielle vers des secteurs intensifs en main-d'œuvre moins polluants,
- Elle accroît l'offre en énergies propres en les important d'autres pays et favorise pour les producteurs domestiques le processus de substitution des énergies,
- Elle renforce la contribution de l'externalité positive du commerce en améliorant l'efficacité d'utilisation des intrants énergétiques,
- Et en même temps, la nouvelle politique de lutte contre la pollution, en imposant une taxe d'émission beaucoup plus élevée (2,25 US\$/Kilo), encourage les producteurs, et en particulier ceux des secteurs orientés vers l'exportation, à réduire leur consommation en énergie.

En combinant tous ces aspects ensemble, nous constatons que la perte économique totale due à la nouvelle politique du dioxyde de soufre devrait être limitée à seulement -0,26% en période d'ouverture au commerce, ce qui est remarquablement inférieur au scénario Desulfur. Nos résultats montrent par conséquent la complémentarité de ces deux politiques.

Les résultats de nos simulations semblent donc décrire un futur optimiste pour l'évolution du SO₂ en Chine. En réalité, une bonne interprétation des résultats du modèle nécessite de garder à l'esprit les points suivants :

1. La Chine reste un marché imparfait avec de fréquentes interférences du gouvernement (cf. les politiques récentes de soutien au développement des industries automobiles et l'interdiction de construire de nouvelles centrales électriques dans les villes situées dans la zone de contrôle du SO₂). Le marché parfaitement concurrentiel qui est suggéré dans ce modèle ne peut donc refléter en intégralité la réalité de l'économie chinoise.

2. Le modèle ici utilisé est fondé sur quelques hypothèses centrales assez simplificatrices. Une d'elles suppose que la substitution entre les énergies contribue de façon importante à la réduction des émissions de SO₂. De ce fait, le coût économique potentiel de la politique du dioxyde de soufre dépend aussi de cette substituabilité. Etant donnée l'offre limitée en pétrole et en gaz de la Chine et sa forte dépendance envers le charbon, la «barrière technique» potentielle pour cette substitution entre combustibles pourrait cependant être plus importante que ce à quoi nous nous attendons. Cette réflexion vaut particulièrement pour les industries lourdes où les intensités d'utilisation d'énergie sont généralement élevées. Puisque nous avons choisi 0,7 pour l'élasticité de substitution entre les énergies combustibles et les énergies non combustibles et 0,9 pour la substitution entre les énergies combustibles, et que la dimension de temps est dans ce chapitre relativement courte (5 ans), il est par conséquent très probable qu'une hypothèse des élasticités de substitution plus faibles conduit à un coût économique de la nouvelle politique de lutte contre la pollution sensiblement plus élevé.

Pour examiner la sensibilité de nos résultats de simulation au degré de substituabilité entre les énergies, nous réalisons ici plusieurs simulations avec des élasticités de substitution plus faibles. Les variations relatives des principaux indicateurs économiques sont données dans le Tableau 8.10. Comme prévu, avec la réduction du degré de substitution entre les énergies, le coût économique de la politique de lutte contre les émissions de SO₂ est plus élevé. Cependant, ces augmentations restent assez faibles. Le coût économique pour les plus basses élasticités de substitution est d'environ -1,12% pour le PIB réel par rapport aux élasticités d'origine, ce qui signifie un coût économique total de -1,38% ($-(1,12\%+0,26\%)=-1,38\%$) pour la politique du dioxyde de soufre. Par ailleurs, on peut observer une assez grande stabilité du revenu net disponible par tête. En effet, celui-ci reste presque au même niveau alors que les élasticités de substitution changent considérablement. La bonne stabilité du modèle peut être expliquée par les résultats de la décomposition de l'indice de Divisia. Ainsi, bien qu'une élasticité plus faible réduise la capacité de réduction des émissions du processus de substitution des énergies, l'accélération de la hausse des prix provoquée par une combinaison des énergies encore plus rigide devrait dans le même temps conduire à une plus grande adaptation de la transformation de la composition industrielle. Par conséquent, les

industries intensives en main-d'œuvre devraient voir leur part dans l'économie totale davantage accrue, réduisant d'autant l'effet négatif sur l'environnement d'une baisse des élasticités de substitution.

Tableau 8.10. Test de sensibilité (scénario OPEN+Desulfur)

	Unités	0,7-0,9 (Elasticités d'origine)	0,5-0,7 (Elasticités moyennement faibles)	0,3-0,5 (Elasticités très faibles)
1. Facteurs macroéconomiques				
PIB réel	10 ⁹ US\$	1520,10	1511,39	1503,02
Production agerégée	10 ⁹ US\$	3909,08	3875,90	3848,44
dont industrie	10 ⁹ US\$	2474,91	2453,97	2425,77
Exportation	10 ⁹ US\$	515,70	521,05	516,06
Importation	10 ⁹ US\$	565,62	535,60	532,79
Revenu disponible réel	10 ⁹ US\$	1253,77	1251,13	1247,50
Par tête	US\$	952,57	950,56	947,80
2. Déterminants de l'émission de SO₂				
Effet d'échelle	K tons	4383,39	4323,95	4274,00
Effet de composition	K tons	666,01	531,37	191,34
Effet d'externalité	K tons	-128,86	-127,45	-126,15
Effet technique	K tons	-2182,14	-2186,82	-2191,49
Effet de substitution	K tons	-2776,88	-2581,15	-2192,80
Résidus	K tons	-13,19	-11,38	-6,58
3. Consommation d'énergie				
L'émission totale de SO ₂	10 ⁹ TCE	0,24	0,25	0,26
Dont l'industrie	10 ⁹ TCE	0,22	0,23	0,24
Intrant total de charbon	10 ⁹ TCE	0,38	0,36	0,34
Dont l'industrie	10 ⁹ TCE	0,28	0,26	0,24
Intrant total de pétrole	10 ⁹ TCE	0,03	0,03	0,03
Dont l'industrie	10 ⁹ TCE	0,03	0,03	0,03
Intrant total de gaz naturel	10 ¹² kwh	1517,19	1525,90	1428,80
Dont l'industrie	10 ¹² kwh	1285,88	1289,75	1195,88
4. Evolution de la taxe d'émission nécessaire				
Taxe d'émission (1997)	US\$	0,00545	0,00545	0,00545
Taxe d'émission (2000)	US\$	0,028816	0,028816	0,028816
Taxe d'émission (2001)	US\$	0,30	0,57	0,92
Taxe d'émission (2002)	US\$	0,66	1,06	1,62
Taxe d'émission (2003)	US\$	1,09	1,68	2,48
Taxe d'émission (2004)	US\$	1,62	2,46	3,54
Taxe d'émission (2005)	US\$	2,25	3,37	4,75

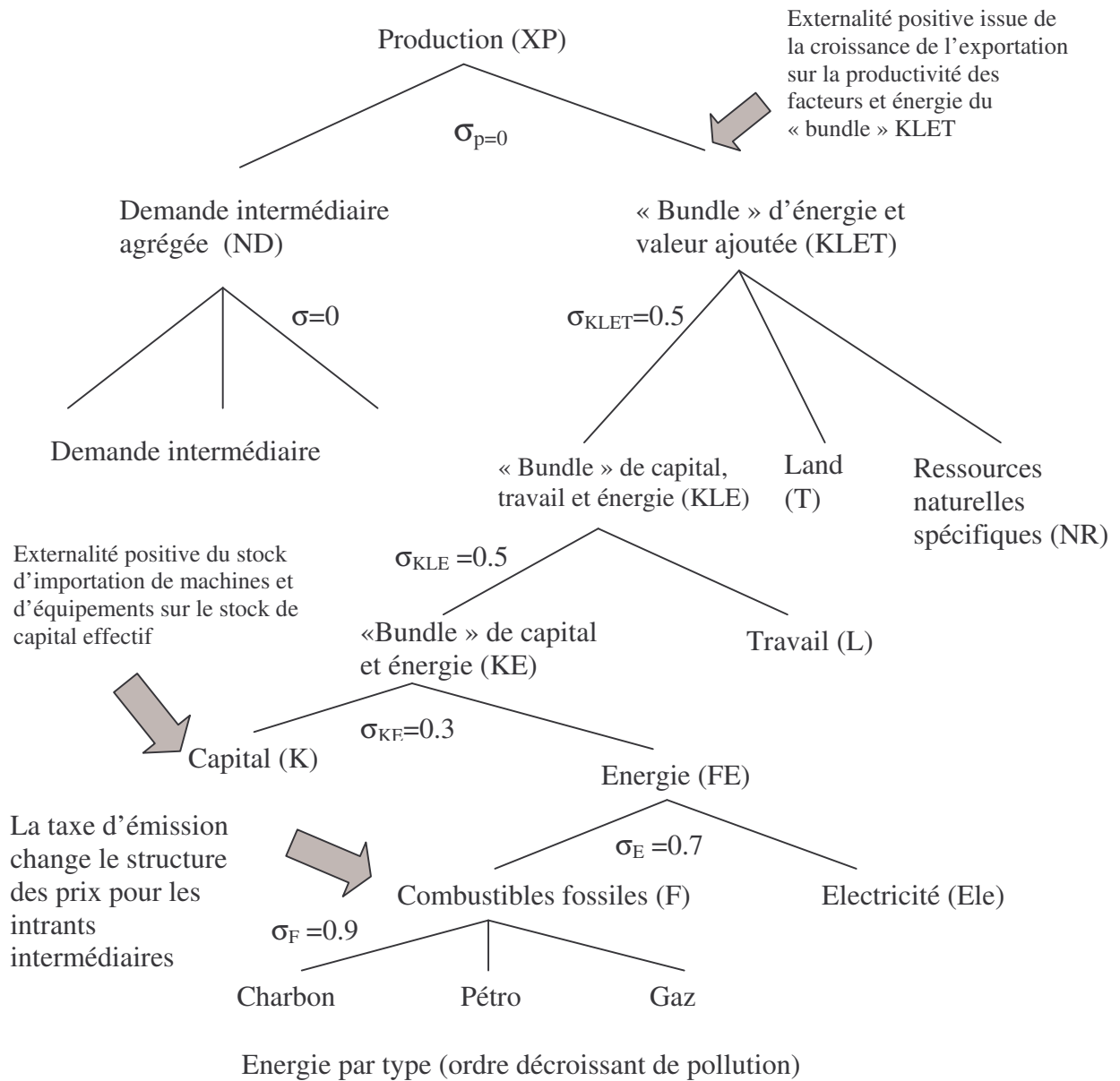
Hormis la substitution entre les énergies, d'autres méthodes telles que les technologies de traitement du charbon qui réduisent son contenu en soufre, les technologies de combustion plus propres qui diminuent les émissions issues de la consommation des énergies et finalement les mesures de contrôle de fin de chaîne (end of pipe), peuvent réduire les émissions de SO₂. Cependant, en raison du manque de données, nous n'avons pas pu considérer d'autres méthodes de réduction des émissions de SO₂ dans la spécification du modèle. Toutefois, il est possible que le taux d'émission spécifique par énergie que nous avons estimé économétriquement puisse refléter une certaine contribution de ces technologies à la réduction des émissions au SO₂, dans la mesure où le taux d'émission invariable dans le

temps utilisé dans nos simulations récursives dynamiques ignore la dynamique réelle du taux d'émission. Par conséquent, le chemin de croissance du taux de taxation de l'émission indiqué par notre modèle pourrait être exagéré et le coût économique simulé pour la nouvelle politique de lutte contre la pollution être plus petit.

Etant donné les réserves limitées de la Chine en pétrole et en gaz, le remplacement du charbon par d'autres énergies plus propres dépendra en grande partie de l'expansion de l'offre étrangère de pétrole brut et de gaz naturel. Selon l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) et le gouvernement chinois, les importations de pétrole de la Chine représentaient déjà en 2003 plus de 30% de tout l'approvisionnement commercial annuel en énergie du pays, et la Chine a depuis lors remplacé le Japon dans son rôle de second consommateur mondial de pétrole brut juste après les Etats-Unis. L'AIE considère ainsi que la Chine est le principal acteur de la croissance de la demande mondiale de pétrole. Face à une offre mondiale de pétrole brut non élastique, la demande chinoise devrait donc conduire à une hausse mondiale du prix du pétrole, ce qui pourrait rendre le processus de substitution des énergies et la politique de lutte contre les émissions de SO₂ encore plus coûteuses.

Alors que les résultats de nos simulations prédisent un coût économique de la politique de lutte contre la pollution qui soit relativement faible, la condition principale au succès de cette politique est ici la capacité du gouvernement Chinois à imposer le nouveau taux de taxation de l'émission, et des institutions capables de le mettre en place et le faire appliquer. Si ces conditions ne peuvent être réunies, nous craignons fort que l'industrialisation et la libéralisation commerciale de la Chine ne conduisent à une détérioration encore plus grande de l'environnement, même si l'hypothèse de «havre de pollution» ne correspond pas à son cas.

Annexe 8.1. Structure de production emboîtée



Annexe 8.2. Hypothèses principales sur les élasticités clefs du modèle

Les élasticités de substitution des facteurs intermédiaires, traditionnels et d'énergie sont fournies dans l'Annexe 8.1.

Les élasticités revenu-consommation des ménages pour les différents biens sont ceux de D. Roland-Holst et D. Van der Mensbrugghe (2002), provenant de la base de données GTAP.

Nous faisons l'hypothèse que les élasticités d'Armington entre les demandes domestique et d'importation agrégée et entre les demandes d'importation de différentes origines sont de 4,0. Nous supposons également que les élasticités de transformation entre le marché intérieur et les exportations agrégées (premier niveau) et entre les exportations de différentes destinations (second niveau) est de 4,0. La plupart des choix d'élasticités proviennent de la littérature.

Les élasticités de demande d'exportation pour le textile, l'habillement, les produits en cuir et les équipements électroniques sont par hypothèses égales à 6,0.

L'élasticité de l'externalité des exportations est supposée être de 0,1, de même que celle de l'externalité du stock de machines et d'équipements importés.

Annexe 8.3. Tableaux supplémentaires

Tableau A.8.1. Calendrier prévisionnel de la réduction des tarifs en Chine (niveau par rapport à 2000)

Secteurs	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Riz	100	80,94	46,96	46,96	32,32	32,322
Blé	100	93,75	93,75	93,75	93,75	693,75
Grains et Céréales	100	98,31	96,61	94,92	93,22	93,22
Légumes et Fruits	100	11,11	11,11	11,11	11,11	177,78
Graines oléagineuses	100	88,98	77,97	66,95	55,93	55,93
Canne à sucre et betterave à sucre	100	11,11	11,11	11,11	11,11	177,78
Fibre à base des plantes	100	11,11	11,11	11,11	11,11	177,78
Récoltes n.e.s.	100	89,04	78,08	68,49	58,22	58,22
Bétail de bovin moutons et chèvres	100	97,22	94,44	93,06	90,28	90,28
Produits des autres animaux	100	97,22	94,44	93,06	90,28	90,28
Lait	100	90,99	81,98	72,97	63,96	63,96
Laine et soie	100	90,99	81,98	72,97	63,96	63,96
Forestière	100	68,00	64,00	60,00	60,00	60,00
Pêche	100	68,00	64,00	60,00	60,00	60,00
Charbon	100	90,48	85,71	83,33	83,33	80,95
Pétrole	100	76,32	76,32	76,32	76,32	76,32
Gaz naturel	100	76,32	76,32	76,32	76,32	76,32
Electricité	100	76,32	76,32	76,32	76,32	76,32
Minière	100	90,48	85,71	83,33	83,33	80,95
Bétail de bovin, moutons	100	90,29	80,58	70,87	61,65	55,83
Autres viandes	100	90,29	80,58	70,87	61,65	55,83
Huile végétale et graisse	100	90,29	80,58	70,87	61,65	55,83
Produits laitiers	100	90,29	80,58	70,87	61,65	55,83
Riz	100	90,29	80,58	70,87	61,65	55,83
Sucre	100	90,29	80,58	70,87	61,65	55,83
Autres nourritures	100	90,29	80,58	70,87	61,65	55,83
Boissons et tabac	100	84,82	69,65	54,47	39,30	38,13
Textiles	100	88,89	66,67	55,56	44,44	33,33
habillements prêts à porter	100	83,33	83,33	66,67	50,00	50,00
Produits en cuir	100	100,00	100,00	100,00	50,00	50,00
Produits du bois	100	80,43	63,04	50,00	39,13	36,96
Papier	100	80,43	63,04	50,00	39,13	36,96
Produits chimiques	100	93,75	87,50	81,25	75,00	68,75
Autre produits miniers	100	86,49	72,97	67,57	62,16	59,46
Métaux ferreux	100	86,49	72,97	67,57	62,16	59,46
Autres métaux	100	86,49	72,97	67,57	62,16	59,46
Produits métaux	100	86,49	72,97	67,57	62,16	59,46
Véhicules à moteur	100	84,00	68,00	58,00	48,80	41,20
Autres équipements de transp.	100	76,19	76,19	73,81	71,43	71,43
Équipements électroniques	100	66,67	33,33	24,24	24,24	24,24
Autres machines et équipe.	100	80,00	62,50	55,00	52,50	52,50
Autres secteurs manufacturés	100	93,75	87,50	81,25	75,00	68,75
Eaux	100	93,75	87,50	81,25	75,00	68,75
Services et construction (11 secteurs)	100	90,00	80,00	65,07	50,00	50,00

Note : ¹ Source des données : Wang (2002).

Tableau A.8.2. Changements d'intensité dans l'utilisation des intrants énergétiques : Charbon et Pétrole (variation en pourcentage entre 2000 et 2005)

Secteur	Charbon				Pétrole			
	BaU Variation depuis 2000	SO ₂ Variation par rapport à BaU	OPEN Variation par rapport à BaU	OPEN+SO ₂ Variation par rapport à BaU	BaU Variation depuis 2000	SO ₂ Variation par rapport à BaU	OPEN Variation par rapport à BaU	OPEN+SO ₂ Variation par rapport à BaU
Agriculture	11,72	10,36	0,05	10,99	29,81	-0,33	0,20	-0,04
Manufacture	-35,62	-35,85	1,44	-36,51	-0,72	-5,00	2,30	-3,43
Charbon	-14,75	-31,52	1,13	-32,44	2,94	0,86	1,30	1,97
Pétrole	-43,65	-42,11	0,57	-44,17	-20,46	-3,64	0,73	-3,35
Gaz naturel	-27,15	-43,53	1,20	-46,06	-6,90	0,15	1,37	1,38
Electricité	-41,25	-29,34	0,44	-30,94	-22,98	22,03	0,60	24,61
Minière	-22,50	-41,27	0,51	-42,24	1,21	2,25	0,67	3,03
Bétail de bovin, moutons	-27,76	-40,55	0,20	-40,28	-20,77	6,68	0,35	7,17
Autres viandes	-22,98	-41,51	0,11	-40,49	-9,82	3,73	0,26	4,00
Huile végétale et graisse	-38,02	-36,06	-1,22	-35,52	-25,00	12,18	-1,08	10,77
Produits laitiers	-38,07	-40,58	-0,69	-40,47	-26,6	5,14	-0,54	4,62
Riz	-30,98	-39,68	0,21	-39,92	-16,83	6,42	0,37	7,02
Sucre	-25,98	-40,01	-1,56	-35,30	-19,83	8,31	-1,43	5,59
Autres nourritures	-40,54	-40,00	-2,94	-38,38	-30,20	6,19	-2,81	2,78
Boissons et tabac	-35,11	-38,53	-2,02	-38,31	-17,57	8,03	-1,87	5,91
Textiles	-33,30	-40,88	0,52	-41,87	-14,45	4,05	0,68	5,02
habillements prêts à porter	-24,50	-42,67	7,77	-48,91	-4,65	1,46	7,98	10,25
Produits en cuir	-20,00	-43,84	2,04	-46,85	-7,42	0,06	2,21	2,36
Produits du bois	-27,60	-40,52	1,24	-41,58	-6,24	4,83	1,40	6,66
Papier	-26,92	-39,66	-0,26	-39,27	-6,05	5,90	-0,11	5,83
Produits chimiques	-37,73	-42,21	0,75	-43,57	-16,58	-1,01	0,91	-0,34
Autre produits miniers	-27,77	-38,82	1,08	-39,85	-5,04	6,85	1,25	8,54
Métaux ferreux	-29,73	-38,07	0,44	-38,65	-6,37	6,92	0,60	7,77
Autres métaux	-35,25	-40,08	0,25	-40,85	-12,05	3,75	0,41	4,29
Produits métaux	-28,24	-42,07	1,40	-43,39	-5,32	1,21	1,56	2,87
Véhicules à moteur	-34,04	-42,11	-2,71	-42,48	-11,87	1,32	-2,56	-1,22
Autres équipements de transp.	-29,19	-42,08	1,94	-43,54	-5,59	1,61	2,11	3,90
Equipements électroniques	-34,94	-44,20	2,48	-45,77	-14,00	-1,44	2,65	1,14
Autres machines et équipe.	-28,95	-41,86	0,77	-42,97	-5,36	2,03	0,93	3,13
Autres secteurs manufacturés	-38,59	-41,33	3,90	-41,95	-15,31	3,34	4,07	7,91
Eaux	-44,08	-43,01	0,77	-44,28	-23,23	-1,13	0,94	-0,26
Construction	-20,87	-44,76	1,54	-46,34	2,76	-3,16	1,71	-1,73
Services	-32,71	-45,25	0,99	-46,67	3,67	-5,65	2,04	-4,13
Total	-28,11	-35,69	1,41	-36,37	6,27	-5,19	2,21	-3,65

Tableau A.8.2. (Suite) Changements d'intensité dans l'utilisation des intrants énergétiques : Gaz et Electricité (variation en pourcentage entre 2000 et 2005)

Secteur	Gaz				Electricité			
	BaU Variation depuis 2000	SO ₂ Variation par rapport à BaU	OPEN Variation par rapport à BaU	OPEN+SO ₂ Variation par rapport à BaU	BaU Variation depuis 2000	SO ₂ Variation par rapport à BaU	OPEN Variation par rapport à BaU	OPEN+SO ₂ Variation par rapport à BaU
Agriculture	25,78	-4,36	0,17	-4,40	15,44	1,41	1,70	3,22
Manufacture	-20,16	10,04	1,84	12,42	-23,66	9,74	2,30	12,78
Charbon	-4,28	4,80	1,01	6,05	-9,28	0,11	2,66	2,21
Pétrole	-29,93	1,05	0,45	1,48	-33,08	3,31	2,12	5,49
Gaz naturel	-15,16	5,47	1,08	7,00	-19,38	6,90	2,74	10,35
Electricité	-30,44	28,28	0,32	31,19	-35,11	22,82	1,97	27,18
Minière	-8,47	7,55	0,39	8,39	-13,93	4,39	2,00	6,69
Bétail de bovin, moutons	-23,63	12,42	0,08	12,79	-25,37	7,68	1,62	9,65
Autres viandes	-15,19	9,24	0,00	9,27	-18,43	4,90	1,51	6,54
Huile végétale et graisse	-30,32	18,05	-1,33	16,24	-33,79	12,10	0,14	12,09
Produits laitiers	-31,28	10,71	-0,79	9,97	-34,10	6,33	0,72	7,20
Riz	-22,61	12,03	0,1	12,57	-26,39	6,31	1,66	8,33
Sucre	-22,33	14,17	-1,67	10,39	-23,97	8,39	-0,37	6,90
Autres nourritures	-34,42	11,83	-3,04	7,67	-37,13	6,40	-1,68	4,22
Boissons et tabac	-24,73	13,70	-2,12	11,15	-29,78	6,71	-0,67	5,97
Textiles	-22,15	9,52	0,4	10,57	-26,93	5,27	2,00	7,75
habillements prêts à porter	-12,76	6,83	7,62	17,26	-17,18	4,33	9,68	16,00
Produits en cuir	-12,56	5,40	1,91	8,19	-15,05	4,21	3,65	8,66
Produits du bois	-14,96	10,35	1,12	12,37	-20,35	5,71	2,75	9,09
Papier	-14,57	11,44	-0,37	11,17	-20,10	5,87	1,15	7,17
Produits chimiques	-25,22	4,00	0,63	4,78	-28,52	5,41	2,28	7,92
Autre produits miniers	-14,32	12,41	0,96	14,27	-19,97	7,90	2,59	11,16
Métaux ferreux	-15,90	12,4	0,32	13,26	-21,51	8,65	1,91	11,01
Autres métaux	-21,52	9,09	0,13	9,64	-26,45	7,15	1,73	9,27
Produits métaux	-14,67	6,48	1,28	8,35	-19,74	4,22	2,93	7,59
Véhicules à moteur	-20,92	6,61	-2,82	3,66	-25,65	4,51	-1,35	3,15
Autres équip. de transp.	-15,23	6,93	1,82	9,52	-20,48	4,31	3,50	8,37
Equipements électroniques	-22,55	3,77	2,35	6,70	-26,61	3,84	4,04	8,52
Autres machines et équipe.	-14,99	7,37	0,65	8,59	-20,33	4,68	2,26	7,40
Autres secteurs manufacturés	-24,81	8,78	3,77	13,81	-30,47	5,20	5,48	11,55
Eaux	-31,74	3,97	0,66	4,95	-34,86	5,60	2,30	8,37
Construction	-6,89	1,91	1,42	3,55	-10,69	2,98	3,09	6,41
Services	-26,00	1,45	1,00	2,61	-26,11	2,83	2,80	5,92
Total	-13,78	9,39	1,87	11,75	-16,4	8,20	2,33	11,16

Annexe 8.4. Spécification du modèle

A. Spécification du modèle

1. Production

1.1 Premier niveau d'emboîtement de la production

$$ND_j = \alpha_j^{nd} \left(\frac{PX_j}{PND_j} \right)^{\sigma_j^p} XP_j$$

$$KLET_j = \alpha_j^{klet} \left(\frac{PX_j}{PKLET_j} \right)^{\sigma_j^p} XP_j$$

$$PX_j = (\alpha_j^{nd} PND_j^{1-\sigma_j^p} + \alpha_j^{klet} PKLET_j^{1-\sigma_j^p})^{(1/(1-\sigma_j^p))}$$

$$PP_j = PX_j (1 + \xi^p \tau_j^p)$$

1.2 Second niveau d'emboîtement de la production : intrants intermédiaires et « bundle » KLET

$$AT_j = \begin{cases} \overline{AT} \left(\frac{XET_j}{XET_{j,-1}} \right)^\eta, & \text{if } XET_j > XET_{j,-1} \text{ and } j \in ip, \overline{AT} = 1 \\ 1, & \text{if } E_j < E_{j,-1} \text{ or } j \in np \end{cases}$$

$$BT = \overline{BT} \left(\frac{XMT_{hp,t}}{\sum_{hp} \sum_{t=0}^{presnet} XMT_{hp,t}} \right)^\psi, \text{ if } \sum_{hp} XMT_{hp,T} > 0, \overline{BT} = 1$$

or

$$BT = \overline{BT}, \text{ if } \sum_{hp} XMT_{hp,T} > 0$$

$$XAP_{nd,j} = \alpha_j^{nd} ND_j$$

$$PND_j = \sum_{nd} \alpha_j^{nd} (1 + \tau_{nd,j}^{pc}) PA_{nd,j}$$

$$TD_j = \alpha_j^{td} \left(\frac{PKLET_j}{RENT_j (1 + \tau_j^{td})} \right)^{\sigma_j^{klet}} (\lambda_j^{td} \times AT_j)^{(\sigma_j^{klet} - 1)} KLET_j$$

$$NRD_j = \alpha_j^{nrd} \left(\frac{PKLET_j}{PNR_j} \right)^{\sigma_j^{klet}} (\lambda_j^{nr} \times AT_j)^{(\sigma_j^{klet} - 1)} KLET_j$$

$$KLE_j = \alpha_j^{kle} \left(\frac{PKLET_j}{PKLE_j} \right)^{\sigma_j^{klet}} KLET_j$$

$$PKLET_j = \left[\alpha_j^{ld} \left(\frac{RENT_j (1 + \tau_j^{td})}{\lambda_j \times AT_j} \right)^{1 - \sigma_j^{klet}} + \alpha_j^{nrd} \left(\frac{PNR_j (1 + \tau_j^{nrd})}{\lambda_j^{nrd} \times AT_j} \right)^{1 - \sigma_j^{klet}} + \alpha_j^{kle} PKLE_j^{1 - \sigma_j^{klet}} \right]^{1/(1 - \sigma_j^{klet})}$$

1.3 Troisième niveau d'emboîtement de la production: demande de travail et « bundle » KLE

$$LD_j = \alpha_j^{ld} \left(\frac{PKLE_j}{WAGE_j (1 + \tau_j^{ld})} \right)^{\sigma_j^{kle}} (\lambda_j \times AT_j)^{(\sigma_j^{kle} - 1)} KLE_j$$

$$KE_j = \alpha_j^{ke} \left(\frac{PKLE_j}{PKE_j} \right)^{\sigma_j^{kle}} KLE_j$$

$$PKLE_j = \left[\alpha_j^{ld} \left(\frac{WAGE_j (1 + \tau_j^{ld})}{\lambda_j \times AT_j} \right)^{1 - \sigma_j^{kle}} + \alpha_j^{ke} (PKE)^{1 - \sigma_j^{kle}} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_j^{kle}}}$$

1.4 Quatrième niveau d'emboîtement de la production: demande de capital et « bundle » d'énergie

$$KD_j = \alpha_j^{kd} \left(\frac{PKE_j}{rate_j (1 + \tau_j^{kd})} \right)^{\sigma_j^{ke}} (\lambda_j^k \times AT_j \times BT)^{\sigma_j^{ke} - 1} KE_j$$

$$ENE_j = \alpha_j^{ene} \left(\frac{PKE_j}{PENE_j} \right)^{\sigma_j^{ke}} KE_j$$

$$PKE_j = \left[\alpha_j^{kd} \left(\frac{RATE (1 + \tau_j^{kd})}{\lambda_j^k \times AT_j \times BT} \right)^{\sigma_j^{ke} - 1} + \alpha_j^{ene} PENE^{\sigma_j^{ke} - 1} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_j^{ke}}}$$

1.5 Cinquième niveau d'emboîtement de la production: demande d'électricité et « bundle » de combustibles fossiles

$$ELE_j = \alpha_j^{ele} \left(\frac{PENE_j}{PA_{ele,j} (1 + \tau_{ele,j}^{pc})} \right)^{\sigma_j^{ene}} (\lambda_j^{ele} \times AT_j)^{\sigma_j^{ene} - 1} ENE_j$$

$$FUEL_j = \alpha_j^{fuel} \left(\frac{PENE_j}{PFUEL_j} \right)^{\sigma_j^{ene}} ENE_j$$

$$PENE_j = \left[\alpha_j^{ele} \left(\frac{PA_{ele} (1 + \tau_{ele,j}^{pc})}{\lambda_j^{ele} \times AT_j} \right)^{\sigma_j^{ene} - 1} + \alpha_j^{fuel} PFUEL^{\sigma_j^{ene} - 1} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_j^{ene}}}$$

1.6 Sixième niveau d'emboîtement de la production: demande de combustibles fossiles

$$FUEL_{f,j} = \alpha_j^f \left(\frac{PFUEL_j}{PA_{f,j} (1 + \tau_{f,j}^{pc} + \nu_f t_{poll})} \right)^{\sigma_j^{fuel}} (\lambda_j^f \times AT_j)^{\sigma_j^{fuel} - 1} FUEL_j$$

$$PFUEL_j = \left[\sum_f \left(\frac{\alpha_j^f PA_{f,j} (1 + \tau_{f,j}^{pc} + \nu_f t_{poll})}{\lambda_j^f \times AT_j} \right)^{\sigma_j^{fuel} - 1} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_j^{fuel}}}$$

1.7 Agrégation des produits

$$PP_j = P_k$$

$$X_k = \sum_{j \in k} XP_j$$

2. Distribution du revenu

2.1 Revenu des facteurs

$$LY = \sum_j WAGE_j LD_j$$

$$KY = \sum_j RATE_j KD_j$$

$$TY = \sum_j RENT_j TD_j$$

$$NRY = \sum_j PNR_j NRD_j$$

2.2 Distribution du profit

$$TR_{KE} = \varphi_{k,e} KY$$

$$TR_{KH} = \varphi_{k,h} KY$$

$$TR_{KF} = \varphi_{k,f} KY$$

2.3 Redistribution du revenu

$$YE = \varphi_{k,e} TR_{KE} + \overline{TR_{GE}} + \overline{TR_{FE}} \cdot \overline{ER}$$

$$YDE = \left[(1 - \kappa_e) (YE - \overline{TR_{GE}}) + \overline{TR_{GE}} \right]$$

$$SE = se YDE$$

$$TR_{EH} = \varphi_{e,h} YDE$$

$$TR EF = \varphi_{e,f} YDE$$

2.4 Distribution du revenu des ménages

$$YH = LY + TY + NRY + TR KH + TR EH + \overline{TR GH} + \overline{TR FH} \cdot \overline{ER}$$

$$YDH = (1 - \xi^h \kappa_h)(YH - \overline{TR GH}) + \overline{TR GH}$$

$$TR HF = \varphi_{h,f} YDH$$

3. Demande domestique finale

3.1 Structure de la demande des ménages

$$SH = sh \times YDH$$

$$XAH_k = pop \theta_k + \frac{\mu_k}{(1 + \tau_k^{hc}) PA_k} \left((1 - \phi_{k,f} - sh) YDH - \sum_{kk} (1 + \tau_{kk}^{hc}) PA_{kk} pop \theta_{kk} \right)$$

$$CPI = \frac{\sum_k (1 + \tau_k^{hc}) PA_k XAH_{k,0}}{\sum_k (1 + \tau_{k,0}^{hc}) PA_{k,0} XAH_{k,0}}$$

3.2 Dépense finale du gouvernement

$$XAG_k = a_k^g \overline{XG}$$

$$YG = \sum_k (XAG_k \cdot (1 + \tau_k^{gc}) PA_k)$$

$$PG = \frac{YG}{XG} = \sum_k a_k (1 + \tau_k^{gc}) PA_k$$

3.3 Exportations des services de commerce international et de transport

$$XATRDMG = a_k^{trdmg} \overline{XTRDMG}$$

$$YTRDMG = \sum_k (XATRDMG_k (1 + \tau_k^{trdmg}^{gc}) PA_k)$$

$$PTRDMG = \frac{YTRDMG}{XTRDMG} = \sum_k a_k^{trdmg} (1 + \tau_k^{trdmg}^{gc}) PA_k$$

3.4 Investissement

$$XAINV_k = a_k^{inv} XINV$$

$$PINV = \sum_k a_k^{inv} (1 + \tau_k^{inv}) PA_k$$

$$INV = PINV \cdot XINV$$

4. Commerce

4.1 Premier niveau d'emboîtement d'Armington

$$XA_k = \sum_j XAP_{k,j} + XAH_k + XAG_k + XAINV_k + XATRDMG_k$$

$$XDD_k = \alpha_k^{dd} \left(\frac{PA_k}{PDD_k} \right)^{\sigma_k^c} XA_k$$

$$XMT_k = \alpha_k^{mt} \left(\frac{PA_k}{PMT_k} \right)^{\sigma_k^c} XA_k$$

$$PA_k = \left[\alpha_k^{dd} PDD_k^{1-\sigma_k^c} + \alpha_k^{mt} PMT_k^{1-\sigma_k^c} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_k^c}}$$

4.2 Second niveau d'emboîtement d'Armington

$$PM_{r,k} = \overline{ER.WMP}_{r,k} (1 + \tau_{r,k}^m)$$

$$XM_{r,k} = \alpha_{r,k}^m \left(\frac{PMT_k}{PM_{r,k}} \right)^{\sigma_k^m} XMT_k$$

$$PMT_k = \left[\sum_r \alpha_{r,k}^m PM_{r,k}^{1-\sigma_k^m} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_k^m}}$$

4.2 Premier niveau d'emboîtement CET

$$PE_{k,r} (1 + \tau_{k,r}^x) = \overline{ER.WPEV}_{k,r}$$

$$XDS_k = \gamma_k^{ds} \left(\frac{PDS_k}{P_k} \right)^{\sigma_k^p} X_k$$

$$XET_k = \gamma_k^{et} \left(\frac{PET_k}{P_k} \right)^{\sigma_k^p} X_k$$

$$P_k = \left[\gamma_k^{ds} PDS_k^{1+\sigma_k^p} + \gamma_k^{et} PET_k^{1+\sigma_k^p} \right]^{\frac{1}{1+\sigma_k^p}}$$

4.3 Second niveau d'emboîtement CET

$$XE_{k,r} = \gamma_{k,r}^x \left(\frac{PE_{k,r}}{PET_k} \right)^{\sigma_k^x} XET_k$$

$$PET_k = \left[\sum_r \gamma_{k,r}^x PE_{k,r}^{1+\sigma_k^x} \right]^{\frac{1}{1+\sigma_k^x}}$$

$$ED_{k,r} = \alpha_{k,r}^e \left(\frac{\overline{WPE}_{k,r}}{WPEV_{k,r}} \right)^{\eta_{k,r}^e} \quad \text{if } \eta_{k,r}^e \neq \infty \text{ (Hypothèse du grand pays)}$$

$$WPEV_{k,r} = \overline{WPE}_{k,r} \quad \text{if } \eta_{k,r}^e = \infty \text{ (Hypothèse du petit pays)}$$

5. Equilibre de marché

5.1 Equilibre du marché des biens

$$XDD_k = XDS_k$$

5.2 Equilibre du marché des facteurs

a. Marché du travail

$$LS = \alpha^{ls} \left(\frac{ewage}{PLEV} \right)^{\omega^l}$$

$$LS = \sum_j LD_j$$

$$wage_j = \phi_j^l ewage$$

b. Marché du capital

$$TKS^e = \overline{BT} \left(1 + \frac{\sum_{hp} XMT_{hp}}{\sum_{hp} \sum_{t=0}^{present} XMT_{hp,t}} \right)^{\psi} TKS$$

$$KS_j = \gamma_j^k \left(\frac{rate_j}{PTK} \right)^{\omega^k} TKS^e$$

$$PTK = \left[\sum_j \gamma_j^k rate_j^{1+\omega^k} \right]^{\frac{1}{1+\omega^k}}$$

$$KS_j = KD_j$$

c. Marché de la terre

$$TS_j = \gamma_j^t \left(\frac{rent_j}{PLAND} \right)^{\omega^t} LAND$$

$$PLAND = \left[\sum_j \gamma_j^t rent_j^{1+\omega^t} \right]^{\frac{1}{1+\omega^t}}$$

$$TS_j = TD_j$$

d. Marché des ressources naturelles

$$NRS_j = \gamma_j^{nr} \left(\frac{PNR_j}{PLEV} \right)^{\omega^{nr}}$$

$$NRD_j = NRS_j$$

6. Bouclage macro

6.1 Compte du gouvernement

$$\begin{aligned} YG = & \underbrace{\sum_k \sum_j \tau_{k,j}^{pc} PA_k XAP_{k,j}}_{\text{Sale tax on intermediate consumption}} + \underbrace{\sum_h \tau_k^{hc} PA_k XAH_k}_{\text{Household consumption tax}} + \underbrace{\sum_k \tau_k^{gc} PA_k XAG_k}_{\text{Government consumption tax}} \\ & + \underbrace{\sum_k \tau_k^{invc} PA_k XAINV_k}_{\text{Investment consumption tax}} + \underbrace{\sum_k \sum_r \tau_{k,r}^x PE_{k,r} XE_{k,r}}_{\text{export tax}} + \text{tariff} + \underbrace{\sum_j \tau_j^{pp} PX_j XP_j}_{\text{production tax}} \\ & + \underbrace{\kappa^h (YH - TRGH)}_{\text{Household's income tax}} + \underbrace{\kappa^e (YE - TRGE)}_{\text{Entreprise's income tax}} + \underbrace{\sum_j \tau_j^{ld} wage_j LD_j}_{\text{Labor factor tax}} + \underbrace{\sum_j \tau_j^{kf} rate_j KD_j}_{\text{Capital factor tax}} \\ & + \underbrace{\sum_j \tau_j^{ld} rent_j TD_j}_{\text{Land tax}} + \underbrace{\sum_j \tau_j^{nrd} PNR_j NRD_j}_{\text{Specific natural resource tax}} + \underbrace{\sum_j t_{poll} SO_{2j}}_{\text{Emission tax}} + \overline{ER.TR FG} \end{aligned}$$

$$EXPG = YG + \overline{TRGH} + \overline{TRGE} + \overline{TRGF.ER}$$

$$SG = YG - EXPG$$

$$\overline{RSG} = SG / PLEV$$

6.2 Compte d'investissement

$$INV = SH + SG + SE + \overline{SF} \cdot \overline{ER}$$

6.3 Indice de prix agrégé

$$PLEV = \frac{\sum_k PA_k XA_{k,0}}{\sum_k PA_{k,0} XA_{k,0}}$$

6.4 Balance des paiements

$$\begin{aligned} Bop = & \sum_k \sum_r \overline{WPE}_{k,r} XE_{k,r} + Y TR DMG + \overline{TR FG} + \overline{TR FH} + \overline{TR FE} + \overline{SF} \\ & - \sum_r \sum_k \overline{WPM}_{r,k} XM_{r,k} - \frac{TR HF + TR EF + TR KF}{\overline{ER}} - \overline{TR FG} \end{aligned}$$

7. Identité macroéconomique

$$\begin{aligned} GDPMP = & \sum_k (1 + \tau_k^{hc}) PA_k XAH_k + \sum_k (1 + \tau_k^{gc}) PA_k XAG_k + \sum_k (1 + \tau_k^{invc}) PA_k XAINV_k \\ & + ER \sum_k \sum_r \overline{WPE}_{k,r} XE_{k,r} - \sum_k \sum_r PM_{r,k} XM_{r,k} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RGDPMP = & \sum_k (1 + \tau_{k,0}^{hc}) PA_{k,0} XAH_k + \sum_k (1 + \tau_{k,0}^{gc}) PA_{k,0} XAG_k + \sum_k (1 + \tau_{k,0}^{invc}) PA_{k,0} XAINV_k \\ & + ER_0 \sum_k \sum_r \overline{WPE}_{k,r,0} XE_{k,r} - \sum_k \sum_r PM_{r,k,0} XM_{r,k} \end{aligned}$$

$$PGDPMP = GDPMP / RGDPMP$$

$$GDPPFC = \sum_j wage_j LD_j + \sum_j rate_j KD_j + \sum_j rent_j TD_j + \sum_j PNR_j NRD_j$$

$$GDPFC = \sum_j wage_{j,0} LD_j + \sum_j rate_{j,0} KD_j + \sum_j rent_{j,0} TD_j + \sum_j PNR_{j,0} NRD_j$$

$$PGDPFC = GDPFC / RGDPFC$$

8. Equation d'émission

$$SO_{2f,j} = \overline{v}_f XAP_{f,j}$$

$$SO_{2j} = \sum_f SO_{2f,j}$$

$$TSO_2 = \sum_j SO_{2j}$$

9. Equations de croissance

$$RGDPMP = (1 + g^y) RGDPMP_{-1}$$

$$\lambda_{ip}^l = (1 + \overline{\gamma^{kle}} + \chi_{ip}^l) \lambda_{ip,-1}^l$$

10. Equations dynamiques des variables exogènes

$$\lambda_{ip}^k = (1 + \overline{\gamma^{kle}} + \chi_{ip}^{klr}) \lambda_{ip,-1}^k$$

$$\lambda_{ip}^f = (1 + \overline{\gamma^{kle}} + \chi_{ip}^f) \lambda_{ip,-1}^f$$

$$\lambda_{ip}^{ele} = (1 + \overline{\gamma^{kle}} + \chi_{ip}^{ele}) \lambda_{ip,-1}^{ele}$$

$$\lambda_{np}^l = (1 + \overline{\gamma^l}) \lambda_{np,-1}^l$$

$$\lambda_{np}^k = (1 + \overline{\gamma^k}) \lambda_{np,-1}^k$$

$$\lambda_{np}^f = (1 + \overline{\gamma^f}) \lambda_{np,-1}^f$$

$$\lambda_{np}^{ele} = (1 + \overline{\gamma^{ele}}) \lambda_{np,-1}^{ele}$$

$$\overline{\lambda_j^l} = \overline{\lambda_{j,-1}^l}$$

$$\overline{\lambda_j^{nr}} = \overline{\lambda_{j,-1}^{nr}}$$

$$pop = (1 + \overline{g^{pop}}) pop_{-1}$$

$$LAND = (1 + \overline{g^l}) LAND_{-1}$$

$$\alpha^{ls} = (1 + \overline{g^l}) \alpha_{-1}^{ls}$$

$$\gamma_j^{nr} = (1 + \overline{g^{nr}}) \gamma_{j,-1}^{nr}$$

$$K sup = (1 - \delta) K sup_{-1} + INV$$

$$TKS = (TKS_0 / K sup_0) K sup$$

B. Variables et paramètres du modèle

Indices utilisés dans le modèle

<i>j</i>	Production activities
<i>k (or kk)</i>	Commodities
<i>f</i>	Fossil fuel energies
<i>ele</i>	electricity
<i>nd</i>	Intermediate consumptions
<i>np</i>	Exogenous factor productivity growth sectors
<i>ip</i>	Endogenous factor productivity growth sector
<i>hp</i>	Machinery and equipment industrial sectors

a. Variables endogènes

Production

<i>ND_j</i>	Demand for aggregate intermediate demand bundle
<i>KLET_j</i>	Demand for value added and energy input bundle
<i>PX_j</i>	Unit cost of production
<i>PP_j</i>	Producer price
<i>AT_j</i>	Export externality productivity shifter
<i>BT</i>	Productivity shifter coming from the externality of Imported machinery and equipment
<i>XAP_{nd,j}</i>	Intermediate demand for goods and services
<i>PND_j</i>	Price of aggregate intermediate demand bundle
<i>KLE_j</i>	Demand for capital-labor-energy bundle
<i>TD_j</i>	Demand for aggregate land bundle
<i>NRD_j</i>	Demand for sector-specific resource
<i>PKLET_j</i>	Price of value added and energy input bundle
<i>LD_j</i>	Demand for labor factor
<i>KE_j</i>	Demand for capital/energy input bundle
<i>PKLE_j</i>	Price of capital-labor-energy bundle
<i>KD_j</i>	Demand capital factor
<i>ENE_j</i>	Demand for aggregate energy bundle
<i>PKE_j</i>	Price of capital and aggregate energy input bundle
<i>ELE_j</i>	Demand for electricity input
<i>FUEL_j</i>	Demand for aggregate fossil fuel energy bundle
<i>PENE_j</i>	Price for aggregate energy bundle
<i>XAP_{f,j}</i>	Demand for fossil fuel energy input
<i>PFUEL_j</i>	Price for aggregate fossil fuel energy input bundle
<i>P_k</i>	Aggregate producer price of commodity <i>k</i>
<i>XP_j</i>	Aggregate sector output (of activity <i>j</i>)

Income distribution

<i>LY</i>	Aggregate net labor remuneration
<i>KY</i>	Aggregate after-tax capital income
<i>TY</i>	Aggregate after-tax land income
<i>NRY</i>	Aggregate after-tax income from sector-specific resource
<i>TRKE</i>	Capital income transferred to enterprises
<i>TRKH</i>	Capital income transferred to households
<i>TRKF</i>	Capital income transferred abroad
<i>YE</i>	Corporate income
<i>YDE</i>	Corporate disposable income
<i>SE</i>	Corporate retained earnings
<i>TREH</i>	Corporate earnings transferred to households
<i>TREF</i>	Corporate earnings transferred abroad
<i>YH</i>	Aggregate household income

YDH	Disposable income net of taxes and transfers
$TRHF$	Household transfers abroad

Domestic demand variables

SH	Household savings
XAH_k	Household demand for goods and services
CPI	Household-specific consumer price index
XAG_k	Government final demand for goods and services
YG	Government final demand aggregate expenditure level
PG	Aggregate price for total government final demand
$XATRDMG_k$	Demand for export of trade and transportation services
$YTRDMG$	Export of trade and transportation services demand aggregate expenditure level
$PTRDMG$	Aggregate price of total demand for export of trade and transportation services
$XAINV_k$	Investment final demand for goods and services
$PINV$	Aggregate price for total investment final demand
INV	Investment final demand aggregate expenditure level

Trade

XA_k	Economy-wide demand for Armington good
XDD_k	Domestic demand for domestic production
XMT_k	Domestic demand for aggregate imports
PA_k	Price of Armington good
$PM_{r,k}$	Domestic tariff-inclusive price of imports by region of origin
$XM_{r,k}$	Sectoral import volume by region of origin
PMT_k	Price of aggregate import bundle
$PE_{k,r}$	Producer price of exports by region of destination
XDS_k	Domestic output sold domestically
XET_k	Aggregate export supply
X_k	Aggregate output
$XE_{k,r}$	Export supply by region of destination
PET_k	Price of aggregate exports
$ED_{k,r}$	Demand for exports by region of destination
$WPEV_{k,r}$	Price of the export demand by region of destination (large country hypothesis)

Market equilibrium**Goods market equilibrium**

PDD_k	Price of domestic goods sold domestically
---------	---

Factor market equilibrium

LS	Labor supply
$ewage$	Equilibrium wage rate
$wage_j$	Sector specific wage rate
TKS^e	Effective aggregate capital supply
KS_j	Sectoral capital supply
PTK	Economy-wide aggregate rate of return to capital
$rate_j$	Sectoral rate of return to capital by type
TS_j	Sectoral land supply
$PLAND$	Economy-wide aggregate rate of return to land
$rent_j$	Sectoral rate of return to land
NRS_j	Sectoral supply of sector-specific factor
PNR_j	Price of sector-specific factor

Macro Closure**Government account**

YG	Government total revenue
$EXPG$	Government total expenditure
SG	Government savings

Investment account

INV Total expenditure on investment

Aggregate price index

PLEV Aggregate price level

Macroeconomic identity

GDPMP Nominal GDP at market price

RGDPMP Real GDP at market price

PGDPMP GDP at market price deflator

GDPFC Nominal GDP at factor cost

RGDPFC Real GDP at factor cost

PGDPFC GDP at factor cost deflator

Emission

SO_{2fj} Emission of SO₂ from each fossil fuel energy f combusted in sector j

SO_{2j} Emission of SO₂ from sector j

TSO₂ Total emission of SO₂

b. Elasticités clefs du modèle

Production elasticities

σ_j^p Substitution elasticity between intermediate consumption and capital-labor-energy-land-natural resource bundles

σ_j^{klet} Substitution elasticity between capital-labor-energy bundle and land, natural resource

σ_j^{kle} Substitution elasticity between capital-energy bundle and labor

σ_j^{ke} Substitution elasticity between capital and energy bundles

σ_j^{ene} Substitution elasticity between electricity-fossil fuel energy bundles

σ_j^{fuel} Substitution elasticity between the fossil fuels

η Export externality elasticity with respect to export growth

ψ Import externality elasticity with respect to growth in imported machinery stocks

Demand elasticities

μ_k Based household income elasticities

Trade elasticities

σ_k Armington elasticities between domestic and aggregate import demand

σ_k^m Armington elasticities between import demand across different origins

σ_k^p Top-level transformation elasticity between the domestic market and aggregate exports

σ_k^x Transformation elasticity of exports across different destinations

$\eta_{k,r}^e$ Price elasticity of World demand for export by regions of destinations

Factor market elasticities

ω^l Labor supply elasticity with respect to wage level

ω^k Transformation of capital across different sectors

ω^l Transformation of land across different sectors

ω_j^{nr} Natural resource supply elasticity with respect to price

Emission factors

v_f Energy specific emission rate

c. Paramètres calibrés

Production

α_j^{nd} CES share parameter for intermediate consumption bundle

α_j^{klet} CES share parameter for capital-labor-energy-land-natural resource bundle

$a_{nd,j}$ Leontief coefficients for intermediate demand

α_j^{ld} CES share parameter for land demand

α_j^{nrd} CES share parameter for sectoral specific natural resource demand

α_j^{kle}	CES share parameter for capital-labor-energy bundle
α_j^d	CES share parameter for labor demand
α_j^{ke}	CES share parameter for capital-energy bundle
α_j^{kd}	CES share parameter for capital demand
α_j^{ene}	CES share parameter for energy bundle
α_j^{ele}	CES share parameter for electricity demand
α_j^{fuel}	CES share parameter for fossil fuel energy bundle
α_j^f	CES share parameter for fossil fuel demand

Saving behaviors

sh	Household savings rate
se	Entreprise savings rate

Income distribution parameters

$\varphi_{k,e}$	Enterprise share of after-tax capital income
$\varphi_{k,h}$	Household share of after-tax capital income
$\varphi_{k,f}$	Rest of world share of after-tax capital income
$\varphi_{e,h}$	Household share of after-tax enterprise income
$\varphi_{e,f}$	Rest of world share of after-tax capital income
$\varphi_{h,f}$	Rest of world share of after-tax household income

Demand parameters

θ_k	Household minimum consumption parameter
a_k^g	Commodity share parameter for government consumption
a_k^{inv}	Commodity share parameter for investment consumption
a_k^{trdmg}	Commodity share parameter for exported trade and transportation services

Trade parameters

α_k^{dd}	Domestic share parameter in top-level Armington CES
α_k^{mt}	Import share parameter in top-level Armington CES
$\alpha_{r,k}^n$	Regional share parameter in second-level Armington CES
$\alpha_{k,r}^e$	Export demand shift parameter by region of destination
γ_k^{ds}	Domestic share parameter in top-level CET
γ_k^{et}	Export share parameter in top-level CET
$\gamma_{k,r}$	Regional share parameter in second-level CET

Factor market parameters

ϕ_j	Inter-sectoral wage differential parameters
α^s	Labor supply shift parameter
γ_j^k	Capital allocation share parameters between sectors
γ_j^l	Land allocation share parameters between sectors
γ_j^{nr}	Specific natural resource allocation share parameter between sectors

d. Variables exogènes**Growth factors**

g^y	Real GDP growth rate
$Ksup$	Aggregate non-normalized capital stock
TKS	Aggregate normalized capital stock
$LAND$	Aggregate land supply
pop	Total population
g^{pop}	Population growth rate
g^{ls}	Labor supply growth rate
g^{nr}	Natural resource supply growth rate
g^l	Land supply growth rate
δ	Capital depreciation rate
γ^{kle}	Capital, labor and energy factor productivity growth factor (endogenous factor growth sectors)
χ_{ip}^l	Labor productivity discrepancy shifter (endogenous factor growth sectors)

λ_{ip}^k	Capital productivity discrepancy shifter (endogenous factor growth sectors)
λ_{ip}^f	Fossil fuel productivity discrepancy shifter (endogenous factor growth sectors)
λ_{ip}^{ele}	Electricity productivity discrepancy shifter (endogenous factor growth sectors)
γ_{np}^l	Labor factor productivity growth factor (exogenous factor growth sectors)
γ_{np}^k	Capital factor productivity growth factor (exogenous factor growth sectors)
γ_{np}^f	Fossil fuel energy factor productivity growth factor (exogenous factor growth sectors)
γ_{np}^{ele}	Capital, labor and energy factor productivity growth factor (endogenous factor growth sectors)
λ_{ip}^l	Labor productivity for sectors with endogenous factor productivity growth shifter
λ_{ip}^k	Capital productivity for sectors with endogenous factor productivity growth shifter
λ_{ip}^f	Fuel energy productivity for sectors with endogenous factor productivity growth shifter
λ_{ip}^{ele}	Electricity productivity for sectors with endogenous factor productivity growth shifter
λ_{np}^l	Labor productivity for sectors with exogenous factor productivity growth shifter
λ_{np}^k	Capital productivity for sectors with exogenous factor productivity growth shifter
λ_{np}^f	Fuel energy productivity for sectors with exogenous factor productivity growth shifter
λ_{np}^{ele}	Electricity productivity for sectors with exogenous factor productivity growth shifter
λ_j^l	Land productivity growth factor
λ_j^{nr}	Natural resource productivity growth factor

Trade price

$WPE_{k,r}$	Export price index of competitors
$WPM_{r,k}$	World price of import by region of origin
ER	Exchange rate

Fiscal variables

RSG	Real government saving
XG	Aggregate government consumption in volume
τ_j^p	Producer's tax
$\tau_{k,j}^{pc}$	Producer's intermediate consumption tax
τ_j^d	Labor input tax
τ_j^{kd}	Capital input tax
τ_j^{ld}	Land input tax
τ_j^{nrd}	Sectoral specific natural resource input tax
ξ^h	Household's income tax adjustment factor
κ^h	Household's income tax
κ^e	Enterprise income tax
$\tau_{k,r}^x$	Export tax by region of destination
$\tau_{r,k}^m$	Import tariff by region of origin
τ_k^{hc}	Household consumption tax
τ_k^{gc}	Government consumption tax
τ_k^{invc}	Investment final consumption tax
τ_k^{rdmg}	Tax on export of trade and transportation services
t_{poll}	Emission tax
$TRGH$	Government transfer to households
$TRGE$	Government transfer to enterprises

Miscellaneous exogenous variables

$TRGF$	Government transfer to foreign countries
$TRFG$	Foreign transfer received by government
$TRFH$	Foreign transfer to household
$TRFE$	Part of enterprise income coming from foreign countries
SF	Foreign saving
$XTRDMG$	Aggregate exports of transportation service in volume

Chapitre 9 Industrialisation, Environnement et Santé : les impacts de l'émission industrielle de SO₂ sur la santé publique en Chine

Parmi les papiers abordant thème du développement soutenable, l'effet de la pollution aérienne sur la santé est un sujet abondamment traité. Bien que la croissance économique ait un effet positif sur la santé, si elle s'accompagne d'une très importante pollution, l'effet de celle-ci sur la santé pourra entraîner, à long terme, une réduction dans la capacité de croissance.

Les chapitres précédents semblent décrire une image très mitigée de la situation actuelle et future de la pollution aérienne en Chine. Bien que beaucoup de facteurs aient la capacité d'aider la Chine à améliorer sa qualité environnementale, l'application réussie de ces rôles positifs dépend de la validité de certaines conditions institutionnelles. Si le plus mauvais scénario se produisait en Chine, c'est-à-dire que le gouvernement chinois échoue à réunir les conditions institutionnelles nécessaires, la qualité de l'air en Chine pourrait être très gravement détériorée. Quel serait le coût potentiel lié à cette tendance de détérioration de pour la soutenabilité de la croissance économique de la Chine ? Pour révéler le danger potentiel de la pollution pour l'économie chinoise, nous étudions dans ce chapitre la relation entre la densité de l'émission industrielle de SO₂ et le ratio de la population souffrant de maladies chroniques dans 89 cantons chinois au cours des années 90.

9.1 Revue de la littérature sur la relation entre la pollution de l'air et la santé en Chine

Etant donné l'ampleur de la pollution aérienne en Chine, de nombreuses études ont commencé à s'intéresser aux impacts potentiels de cette situation sur la santé publique. Parmi ces études, différents indicateurs de santé (mortalité, maladies aiguës et chroniques, etc.),

différents indicateurs de qualité de l'air (concentration de SO₂, NO_x et PS, etc.) et différentes méthodes d'analyse (Does-responses¹, séries temporelles, etc.) ont été utilisées. Dans le Tableau 9.1, nous résumons quelques études dont l'objet ressemble au notre.

Tableau 9.1 Quelques études sur la relation entre la pollution aérienne et la santé en Chine

Auteurs	Méthode	Lieu	Période	Indicateur de santé	Indicateur de pollution	Résultats
Xu et al (1994)	Régression Poisson en logarithmes. Les effets de température, d'humidité et des jours de semaine contrôlés	Deux districts résidentiels à Pékin	1989	Mortalité quotidienne dans ces deux districts de Pékin (ratio statistique).	Indices de concentration du SO ₂ et des TSP	SO ₂ : effet significativement négatif sur la santé. TSP : effet non-significativement négatif sur la santé
Xu et al (1995)	Analyse en séries temporelles	Un Hôpital à Pékin	n.a	Visites des patients non-hospitalisés pour les maladies aiguës classifiées selon leurs types (ratio statistique)	Indices de concentration du SO ₂ et des TSP	SO ₂ et TSP : significativement positifs par rapport aux visites des patients non-hospitalisés
Xu et al (1995)	Analyse en séries temporelles. Les effets de température, d'humidité et des jours de semaine contrôlés.	Shenyang	1992	Mortalité journalière classifiée selon les causes de mort (ratio statistique)	Indices de concentration du SO ₂ et des TSP	La mortalité est associée positivement avec la concentration de SO ₂ et des TSP.
Peng et al (2001)	Modèle spatial pour détailler les indices de concentration des polluants. La méthode de Does-Response utilisée pour interroger la relation pollution/santé	Shijiazhuang et Changsha	1995	Données sur la mortalité et la morbidité obtenue à partir d'études épidémiologiques et de statistiques officielles.	Indices de concentration du SO ₄ et des particules estimées à partir des données d'émission du SO ₂ par le modèle spatial	Effet significatif de la santé associé aux pollutions aériennes au SO ₂

Différant dans leurs perspectives et leurs méthodes d'analyse, la plupart de ces études ont cependant trouvé une causalité significative entre la pollution aérienne et la détérioration des indicateurs de santé publique. Comparées aux études se basant sur les expériences d'autres pays,² ces études sur la Chine montrent deux points en commun. D'un côté, la causalité significative entre les particules en suspension totale (TSP) et la détérioration de la santé publique qui est très souvent observée dans les études des autres pays n'est pas toujours confirmée par les données chinoises. D'un autre côté, comme l'émission de SO₂ est en Chine

¹ Selon Ostro (1996), la fonction d'estimation de la méthode de Does-Response est : $d(H)=r_i * Population * d(A)$, où $d(H)$ est la variation du risque de la population dans leur situation de santé. Le r_i est le taux de changement de la fonction Dose-Response. Population est la population exposée au risque i . $d(A)$ est le changement dans la pollution aérienne, qui est considérée comme le risque dans cette méthode.

² Chay et Greenstone (1999), Smith et al. (2000) et Dominici et al. (2002) sur les Etats Unis, Alberini et Krupnick (1997) sur le cas de Taiwan et Los Angeles, Hansen et Selte (2000) sur la Norvège, Zuidema et Nentjes (1997) sur le Pays-bas, Eskeland (1997) sur le cas du Chili, Cropper et al. (1997) sur l'Inde et Chestnut et al. (1997) sur la Thaïlande, etc.

le problème de pollution le plus sérieux, ces études sur la Chine détectent souvent une relation positive entre la pollution au SO₂ et la situation de la santé publique, ce qui est en revanche un résultat relativement rare dans les expériences étrangères.

Ces différences, cependant, ne sont pas contradictoires. En effet, l'émission de SO₂ est en effet constituée en Chine une source très importante de formation de particules très fines, surtout les petites particules aéroportées les plus courantes en Chine—SO₄—les aérosols transformés de SO₂. Peng et al (2001) utilisent des données précises sur les localisations géographiques des grandes sources d'émission de SO₂ dans les villes de Shijiazhuang et Changsha pour estimer des indicateurs de concentration de SO₄ et de particules dans les différentes zones de ces deux villes à l'aide d'un modèle spatial.¹ Ensuite, ils utilisent ces indicateurs de concentration de pollution estimés pour expliquer la différence dans l'état de la santé publique entre les différentes zones de ces deux villes. La relation significative entre la densité estimée des petites particules et la situation de la santé publique trouvée dans leur étude confirme le lien étroit entre l'émission de SO₂, la pollution par de petites particules et la situation de la santé publique en Chine.

9.2. Un modèle théorique de la relation pollution-santé

Bien que d'un point de vue médical, les méthodes d'estimation employées dans la plupart des études sur la Chine soient très pertinentes, en focalisant leur attention sur l'échantillon de données provenant d'une seule ville, même une ou plusieurs zones d'une seule ville, ces études négligent généralement les impacts potentiels des autres caractères économiques sur la santé de la population. Un bon exemple est le PIB par tête moyen d'une ville, qui est, d'une part, un déterminant important de l'offre et de la demande de services médicaux et de soins de santé, et d'autre part, le « fruit » de la détérioration de la qualité de l'air, dont le procédé de création a été décrit dans nombre de nouvelles théories de la croissance comme la cause principale du problème de la pollution atmosphérique. Par conséquent, pour une analyse ayant pour perspective le développement durable (comme la notre), inclure l'arbitrage entre l'opportunité actuelle de la croissance économique, la détérioration (ou l'amélioration) de la situation de la santé publique et finalement la variation de la capacité future de croissance de l'économie, est plus que nécessaire.

Pour tester ces hypothèses, nous essayons dans cette section d'expliquer la relation entre la pollution de l'air et la santé de la manière la plus complète possible avec un système de 3

¹ Par exemple les grandes chaudières centrales et les usines où le charbon est utilisé en grande quantité.

(équations (9.1) à (9.3)). Dans ce système, nous supposons que la pollution et le niveau de revenu sont des facteurs déterminants de l'état de santé. Mais en même temps, la pollution est aussi considérée comme un facteur nécessaire à la production, comme le travail et le capital. Ici, nous utilisons la proportion de la population souffrant de maladies chroniques comme indicateur de la situation de santé publique.

$$\text{Maladies Chroniques} = m(\text{PIBPT}, \text{Pollution}, \text{Education}, \text{Sécurité Sociale}, \text{temps}) \quad (9.1)$$

$$\text{PIBPT} = f(y(K, L), \text{Pollution}) / L = (K_p^\beta / L^\beta)^\alpha (K_e / L) \text{pollution}^{1-\alpha} = Y_{pt}^\alpha ((K_e / L) \times \text{pollution})^{1-\alpha} \quad (9.2)$$

$$\text{Education} = e(\text{PIBPT}, G) \quad (9.3)$$

Maladies chroniques : Indicateur de la situation de santé publique, mesuré par la proportion de la population souffrant de maladies chroniques.

PIBPT : PIB par tête

Pollution : Indicateur de pollution, mesuré par la densité de l'émission industrielle de SO₂

Sécurité sociale : Ratio de la couverture du système de sécurité sociale sur la dépense médicale de la population

K : Capital

L : Travail

Education : Niveau moyen d'éducation reçue par la population

K_p : Capital utilisé dans les activités de production

K_e : Capital utilisé dans les activités de réduction de la pollution

Y_{pt} : Revenu par tête

G : Autres variables exogènes explicatives du niveau moyen d'éducation de la population

L'équation (9.1) décrit la détermination de la situation de la santé publique. Nous considérons qu'elle dépend des facteurs suivants.

Tout d'abord, le produit intérieur brut par tête de l'économie (*PIBPT*). Considérant que la croissance du PIBPT peut faciliter le développement des services médicaux et des soins de santé à travers les canaux de l'offre et de la demande, nous pensons que le PIBPT joue un rôle préventif qui empêche la détérioration de la santé publique.

Deuxièmement, l'indicateur de pollution aérienne (*pollution*). Nous pensons généralement que l'augmentation de la pollution apporte plus de risques sur la situation de santé de la population.

Troisièmement, le niveau moyen d'éducation de la population (*Éducation*). En recevant une éducation, nous renforçons notre conscience sur notre corps et sur la façon de mieux prendre soin de nous même en cas de maladies. A travers cette perspective, l'éducation doit être considérée comme un facteur « pro-santé ».

Quatrièmement, le système de sécurité sociale (*Sécurité Sociale*). Généralement, un bon système de sécurité sociale offre à la population une meilleure couverture de soins, et ainsi permet une meilleure situation de santé.

Cinquièmement, les progrès techniques, représentés dans notre système par (*time*). Etant donné que le progrès technique et l'ouverture en Chine sont en train de changer le mode de vie, les idées, et même l'esprit des chinois, surtout celui des générations les plus actives de notre époque, en ajoutant cette tendance de temps, nous espérons saisir certains de ces changements et leurs effets sur la santé. Nous supposons qu'avec le temps, les progrès techniques et les changements d'idées et de mode de vie de la population favoriseront une amélioration de la santé. Ainsi, un signe positif est attendu pour ce déterminant.

L'équation (9.2) illustre une fonction de croissance économique, qui inclut la qualité de l'environnement comme facteur de production. Ainsi l'environnement apparaît comme une ressource incontournable dans le processus de production. Etant donné les contraintes technologiques, la consommation intermédiaire de ressources naturelles dans la production éventuellement réduite grâce aux progrès techniques, ne pourra jamais complètement disparaître du processus de production. Bien évidemment, l'équation (9.1) ignore la corrélation potentielle entre la pollution et le PIBPT. Sans un tel contrôle, nous risquons d'obtenir des résultats d'estimation qui ne seront ni cohérents ni convergents.

Par ailleurs, l'équation (9.1) considère seulement l'impact statique de la pollution sur la santé. Comme nous avons pu le constater dans le Chapitre 3, l'intensité de l'émission de SO₂ industrielle décroît rapidement en Chine depuis 1990. Ainsi, si l'augmentation d'une unité du PIBPT peut entraîner un même niveau d'amélioration de la santé publique, et que l'émission liée à une unité de production se réduit dans le temps, il sera intéressant de regarder l'évolution de l'effet négatif de pollution sur la santé d'un point de vue dynamique : comment l'effet négatif de la pollution sur la santé peut-il dynamiquement se réduire avec l'augmentation de revenu et le renforcement des activités réductrices de pollution ?

A partir du modèle de Musu (1994), nous supposons que les producteurs investissent une partie de leur capital dans les activités de réduction de la pollution. Ainsi, dans la fonction de production, nous distinguons les capitaux productifs (K_p) et les capitaux employés dans les activités de réduction de la pollution (K_e). Grâce au caractère de la fonction de production de Cobb-Douglas, qui suppose que chaque facteur de production garde toujours la même proportion dans la production d'une unité de bien, nous pouvons supposer que la pollution provenant d'une unité de produit se réduit avec l'augmentation du ratio capitaliste dans les activités de réduction de la pollution, (K_e/L).

L'équation (9.3) exprime la corrélation potentielle entre l'éducation et le niveau de développement de l'économie, où l'éducation est considérée comme une variable endogène par rapport au PIB par tête (PIBPT) et aux autres caractères exogènes de la population, incluses dans G . Donc nous utilisons la méthode DMC (Double Moindre au Carré) dans notre estimation.

A partir de ce système de trois équations, nous pouvons dériver une nouvelle fonction d'estimation en forme réduite :

$$\text{Maladie Chroniques} = d(Y_{pt}, \text{pollution}, t, \text{pollution} \times (K_e/L), \text{Education}, \text{Sécurité Sociale}) \quad (9.4)$$

(-) (+) (-) (-) (?) (?)

D'un point de vue structurel, l'équation (9.4) décrit des relations entre la santé publique, la pollution et la croissance économique qui sont différentes de celles décrites dans l'équation (9.1). L'impact de la pollution sur la santé est maintenant exprimé par deux termes : *Pollution* et *Pollution* $\times(K_e/L)$. La variable *Pollution* capture l'effet direct de l'augmentation de la pollution sur l'état de santé publique. Le terme *Pollution* $\times(K_e/L)$ saisit les réductions dynamiques de l'effet négatif de la pollution sur la santé, obtenues grâce au renforcement des activités de réduction de la pollution au cours de la croissance économique.

Une explication plus concrète de ces réductions dynamiques de l'effet négatif de la pollution sur la santé publique au cours de temps est la suivante. Etant donné que l'intensité de pollution se réduit avec la croissance économique, une unité supplémentaire de PIB par tête sera approvisionnée par une augmentation moins que proportionnelle de la pollution dans le temps. Ainsi, l'effet net d'amélioration provenant du développement économique, plus précisément l'augmentation du PIB par tête, sur la santé doit s'accélérer avec la croissance économique. Cet effet dynamique d'amélioration de la santé a deux sources d'impacts. Le premier est l'effet statique de la croissance, capturé dans la fonction d'estimation de forme réduite (équation (9.4)) par le revenu Y_{pt} . Le second est l'effet dynamique, mesuré dans l'équation (9.4) par (*pollution* $\times(K_e/L)$).

Bien que dans cette équation, nous réussissions à faire disparaître la variable endogène PIBPT, il existe encore une variable endogène : l'éducation, supposée être endogène par rapport au niveau de PIB par tête (*PIBPT*). Ainsi nous utilisons la méthode DMC (Doubles Moindres Carrés) dans notre estimation et instrumentons *Education* par *PIBPT* et d'autres caractères de la population (G).

9.3. Détails sur les données

9.3.1. Les variables dépendantes : la proportion de la population atteinte des maladies chroniques

Si l'on considère que les caractéristiques des impacts de la pollution sur la santé sont plutôt négligeables à très court terme, mais qu'elles peuvent s'accumuler et se manifester à long terme, nous choisissons alors comme indicateur de santé le nombre de personnes atteintes de maladies chroniques pour 1000 personnes dans chaque région. Cet indicateur provient des données agrégées des deux rapports synthétiques des deux premières *Enquêtes sur les Services Nationaux de Santé*, élaborées par le Ministère chinois de la Santé en juin des années 1993 et 1998.¹

Les données utilisées dans ce chapitre proviennent de la partie de l'enquête consacrée aux ménages.² Dans cette partie de l'enquête, trois ou quatre cantons (ou districts dans les villes) pouvant représenter différents niveaux de développement à l'intérieur de chaque province ont été choisis. Ensuite, dans chaque canton (ou district), 600 familles (plus de 2000 personnes) ont aussi été choisies de façon aléatoire pour répondre aux questionnaires. Nous pouvons ainsi considérer que ces données sont représentatives de la situation générale de santé dans chaque canton (ou de chaque district dans les grandes villes).³

9.3.2. Les variables explicatives

a. La pollution : la densité annuelle moyenne de l'émission industrielle de SO₂

Considérant que l'émission de SO₂ est la source principale des particules en suspension et que plus de 70% de l'émission chinoise de SO₂ provient de la production industrielle, nous préférons utiliser dans notre estimation la densité annuelle moyenne de l'émission industrielle de SO₂ comme indicateur de pollution. Cependant, nous ne possédons de données sur l'émission annuelle de SO₂ que pour les activités industrielles au niveau provincial. Pour obtenir un indicateur de la qualité de l'air au niveau cantonal, nous calculons la quantité annuelle d'émission industrielle de SO₂ dans chaque canton (ou district) selon son ratio provincial de PIB industriel annuel. D'ailleurs, nous notons que les deux enquêtes ont été

¹ Les deux rapports et les données agrégées sont disponibles à l'adresse Internet suivante : <http://www.moh.gov.cn/statistique>.

² L'autre partie de l'enquête concerne la situation des établissements de soins de santé, élaborée pour recueillir des informations sur la suffisance et l'efficacité de l'offre des services médicaux et des soins de santé. Étant donné que le choix d'échantillon dans cette partie de l'enquête est très différent de celui de l'enquête sur les ménages, nous ne pouvons pas utiliser cette partie des données dans l'analyse.

³ Il y avait à l'origine des données sur 92 cantons chinois. Les trois cantons qui sont enlevés de nos estimations appartiennent tous au Tibet, dont les données d'émission industrielle de SO₂ ne sont pas disponibles.

faites au milieu de chaque année (la deuxième partie du mois juin de 1993 et 1998), le calcul de la quantité d'émission annuelle doit donc naturellement couvrir la deuxième moitié de l'année précédente et la première moitié de l'année de l'enquête. Par conséquent, le calcul peut être exprimé comme l'équation (9.5).

$$\text{Densité de } SO_{2i,j,t} = \frac{\left(\frac{(SO_{2j,t-1} + SO_{2j,t})}{2} \times \frac{Y_{ind\ i,j,t}}{Y_{ind\ j,t}} \right)}{\text{superficie } i,j,t} \quad (9.5)$$

Dans cette équation, Y_{ind} représente le produit industriel, l'indice i le canton i , l'indice j la province j , et l'indice t l'indicateur de temps.¹

b. Les autres variables explicatives

La série de données sur le revenu moyen par tête (Y_{pt}) provient des *enquêtes sur les services de santé*. Elle est exprimée au prix courant. Nous choisissons le pourcentage de personnes qui possèdent un diplôme supérieur dans la population interrogée pour décrire le niveau d'éducation de la population.² Cette série de données provient aussi de *l'enquête sur les services de santé*. Etant donné l'endogénéité de cette variable, nous l'instrumentons avec le PIB par tête, qui est à son tour décomposé en revenu par tête Y_{pc} et $\text{pollution} \times (K/L)$ selon l'équation (9.2). Les autres variables exogènes décrivant les caractères de la population sont: la surface moyenne habitée par tête, le pourcentage de la population célibataire dans la population totale, le pourcentage de la population employée dans la population totale et le ratio de la population urbaine dans la population totale de chaque canton.³

¹ En supposant que le ratio des produits industriels de chaque canton ne change pas très rapidement, pour calculer le ratio des produits industriels de chaque canton dans les années 1992 et 1993, nous divisons leurs produits industriels (brut) de l'année 1991 (source de données : « China County-level Data on Provincial Economic Yearbooks » construite par R. F. Dernberger) avec les produits industriels (bruts) des provinces correspondantes de la même année (1991). Cette base de données est disponible sur le web à l'adresse suivante : <http://sedac.ciesin.columbia.edu/china/ybook>. Pour les données des produits industriels de cantons en 1997 et 1998, l'auteur collecte les produits industriels (cette fois le produit net, soit la valeur ajoutée) de chaque canton de l'année 1999 disponibles dans les annuaires « China's county-level economic statistics 2000 », et les divise par les produits industriels (nets) au niveau provincial de l'année 1999.

² La raison principale pour laquelle nous n'avons pas choisi le ratio de la population possédant un diplôme de l'éducation secondaire comme le mesure de niveau de l'éducation est la suivante. Etant donné que la Chine applique actuellement la politique de l'éducation obligatoire d'une durée de 9 ans sur la population nouvelle, dans certain sens, la proportion de la population possédant un diplôme secondaire est plus ressemblée un indicateur de la structure démographique pour une régions qu'un indicateur du niveau d'éducation. C'est-à-dire, un taux de la possession des diplômes secondaires dans une région peut très bien refléter une proportion de population de tranche d'âge de 20-30 ans. Comme la population jeune a relativement moins de propension de souffrir des maladies chroniques, l'inclusion du taux de population possédant un diplôme secondaire comme le mesure de niveau de l'éducation va entraîner des ambiguïtés non-nécessaires dans notre estimation.

³ La surface moyenne habitée par tête peut être considérée comme une mesure de la richesse des ménages. Plus un ménage est riche, plus il est capable de financer l'éducation supérieure des membres de sa famille. Généralement, la population célibataire et employée a aussi plus d'opportunités de recevoir une éducation supérieure. Finalement, la concentration de la population dans les régions urbaines peut aussi être considérée comme un indicateur important de l'éducation. En effet, plus le niveau d'urbanisation est élevé, plus l'éducation supérieure est favorisée. Pour ces quatre variables exogènes, les trois premières proviennent des enquêtes et la

Les informations sur l'organisation de la sécurité sociale proviennent aussi de cette enquête. Etant donné qu'il existe différents types de couverture de sécurité sociale, nous choisissons le pourcentage de personnes supportant elles-mêmes leurs dépenses de santé (*Self-funded*) pour décrire le degré de non-couverture du système de sécurité sociale dans chaque canton.

Ni les enquêtes sur les services de santé ni les autres sources de données disponibles au niveau des cantons ne nous fournissent d'informations sur le stock de capital utilisé dans les activités de réduction de la pollution, K_e . Par conséquent, nous décidons de remplacer le ratio d'abondance du capital utilisé pour la réduction de pollution (K_e/L) par la tendance de temps (temps). Une hypothèse implicite à cette extrapolation est que, comme le stock de capital utilisé dans les activités de réduction de la pollution augmente avec la croissance économique et qu'en Chine, le PIB par tête montre généralement une tendance à la hausse, nous pouvons supposer qu'avec le temps, l'investissement dans les activités de réduction de la pollution s'accroît.

Concernant la mesure de cette tendance de temps, nous supposons que les activités de réduction pour la pollution aérienne ne commencent qu'au début des années 1980, au moment de la réforme économique. Ainsi nous définissons $t=0$ pour l'année 1980, et également $t=12,5$ pour le mois de juin de l'année 1993 où la première enquête a eu lieu et $t=17,5$ pour le mois de juin de l'année 1998 quand la deuxième enquête a eu lieu.¹

9.3.3. Les variables de contrôle

Après plus de 20 années de réformes économiques, l'économie chinoise montre une très grande disparité entre provinces. La tradition d'une autonomie relativement importante dans les décisions de politiques économiques locales a conduit à une grande divergence dans la structure économique des différentes régions. Alors que les provinces intérieures avaient été choisies comme bases d'industries lourdes à l'époque de Mao, les provinces côtières se sont souvent plus spécialisées dans les secteurs intensifs en travail au cours des 25 années de réforme économique. Pour contrôler les différences potentielles dans la relation entre la pollution et la santé des provinces côtière et celle des provinces intérieures, nous incluons dans la régression une variable de contrôle : le ratio du produit des industries lourdes dans l'économie provinciale (*Heavy*).

dernière provient du « China County-level Data on Provincial Economic Yearbooks » pour l'année 1991 et du « China's county-level economic statistics 2000 » pour l'année 1999.

¹ Un test de sensibilité sur le choix de la valeur du temps montre que le changement de la mesure du temps pour l'année de commencement n'entraîne pas de changement dans nos résultats d'estimations.

En utilisant toutes ces variables, nous obtenons la fonction d'estimation exacte de l'équation (9.6) :

$$\text{Maladies chroniques} = f(Y^{(-)}, SO_2, temps^{(+)}, SO_2 \times temps^{(-)}, Edu^{(?)}, Y, SO_2 \times temps^{(?)}, G, heavy^{+}, Self^{(?)}, funded) \quad (9.6)$$

Tableau 9.2. Statistiques descriptives

Variable	Unité	Obs	Moyenne	Dev. Std.	Min	Max
Maladies Chroniques	Personnes pour 1000	180	155,237	89,310	30,180	608,607
Var. Explicatives						
SO2	g/m ²	175	18,290	38,600	0,00004	294,723
SO2*t	g/m ²	175	268,094	541,393	0,001	3684,032
Self-funded	Pourcentage	180	71,331	33,851	0,049	99,900
Y	Mille Yuans (prix courants)	180	1,859	1,404	0,175	7,829
Heavy	Pourcentage	182	59,217	12,717	32,948	88,318
Higher	Pourcentage	180	1,564	2,980	0,000	14,540

9.4. Estimations de l'impact de l'émission industrielle de SO₂ sur la situation de la santé

Les résultats de nos estimations sont données dans le Tableau 9.3. Les quatre premières colonnes enregistrent les résultats d'estimation employant séparément les données de l'année 1993 et 1998. Dans cette étape, comme dans beaucoup d'autres études dans ce domaine, seul impact statique de l'émission de SO₂ sur la situation de la santé est considéré. Les résultats ne sont clairement pas satisfaisants. Plus curieusement, l'effet de l'émission de SO₂ sur la santé change de signe entre 1993 et 1998. S'il est encore confortable d'être en accord avec le fait qu'une augmentation de la densité d'émission de SO₂ entraîne un accroissement du ratio des maladies chroniques en 1993, cela n'est pas évident pour le cas de 1998 où une augmentation de l'émission pousse au contraire le ratio des maladies chroniques dans la population à se réduire.

Nous estimons ensuite notre fonction d'estimation sous forme réduite pour le système théorique structurel. Dans cette estimation, nous combinons les données de 1993 et de 1998 pour saisir les atténuations graduelles de l'impact de la pollution sur la santé au fur et à mesure de la croissance économique. Ces résultats sont illustrés dans les deux dernières colonnes de Tableau 9.3. Généralement, cette nouvelle fonction d'estimation montre un pouvoir explicatif plus fort et une meilleure cohérence avec nos anticipations. Dans le premier temps, nous obtenons un coefficient significativement positif pour la densité d'émission de SO₂. L'augmentation de 1 µg/km² de la densité d'émission de SO₂ provenant des activités industrielles peut ainsi entraîner des maladies chroniques pour presque 2-3 personnes de plus sur 1000 personnes. De même, avec l'augmentation de la densité d'émission industrielle de

SO₂ de 1µg/km², la probabilité d'avoir une maladie chronique augmente de 0,2-0,3%. Correspondant à notre modèle théorique, notre estimation confirme l'hypothèse de l'existence d'un effet d'atténuation graduel de l'impact de la pollution sur la santé avec la croissance économique. Celui-ci est révélé par le coefficient négatif du terme multiplicatif $SO_2 \times temps$.

Tableau 9.3. Impacts de la densité d'émission industrielle de SO₂ sur l'état de santé publique (DMC)

	Nombre de personnes souffrant des maladies chroniques pour 1000					
	Sous-échantillon (1993)		Sous-échantillon (1998)		échantillon (1993+1998)	
SO ₂	0,040** (0,009)	0,046** (0,000)	-0,029 (0,363)	-0,024 (0,394)	2,883*** (0,000)	2,351*** (0,003)
t					-9,220** (0,021)	-13,438*** (0,003)
SO ₂ ×t					-0,184*** (0,002)	-0,146** (0,013)
Higher ^a	6,252 (0,508)	6,193 (0,510)	31,784*** (0,003)	27,526*** (0,001)	16,232*** (0,008)	13,923** (0,016)
Ypc ^b	46,819 (0,148)	97,116* (0,065)	-23,054 (0,285)	11,716 (0,600)	5,361 (0,653)	29,437* (0,078)
Ypc au carré		-17,700 (0,138)		-3,740 (0,211)		-2,950* (0,065)
Self-funded	-0,367 (0,167)	-0,288 (0,243)	-0,505 (0,166)	-0,448 (0,163)	-0,450** (0,036)	-0,394* (0,057)
Heavy	1,966*** (0,008)	1,909*** (0,009)	0,164 (0,806)	0,488 (0,347)	1,190*** (0,002)	1,356*** (0,000)
Constante	-27,028 (0,625)	-1,213 (0,985)	176,493* (0,067)	99,306 (0,201)	217,513*** (0,000)	241,592*** (0,000)
R-carré	0,5417	0,5483	0,2730	0,425	0,594	0,610
F	32,58	33,61	9,250	10,000	48,140	50,090
Normalité	21,09 (0,000)		8,39 (0,015)		41,87 (0,000)	
Nom. Observ.	86		88		174	

Note : a. Ici, Higher, l'indice du niveau d'éducation est une variable endogène, nous utilisons les variables instrumentales suivantes pour l'estimer dans notre régression en DMC : SO₂, temps, SO₂×temps, self-funded, Y, Heavy, Urban et Aveareap (la surface moyenne habitée par tête), unmarried (le pourcentage de la population célibataire dans la population totale), employed (le pourcentage de la population employée dans la population totale) et Urban-pop (le ratio de la population urbaine dans la population totale de chaque canton). Pour ce qui est des quatre nouvelles variables exogènes, les trois premières proviennent de l'enquête et la dernière provient du « China County-level Data on Provincial Economic Yearbooks » pour l'année 1991 et du « China's county-level economic statistics 2000 » pour l'année 1999.

b. Les trois cantons du Tibet sont enlevés à cause du manque de données sur la situation économique.

c. Les dernières lignes du tableau donnent les statistiques du test de normalité pour les variables expliquées.

En combinant le terme simple SO_2 et le terme multiplicatif entre SO_2 et le temps, nous pouvons calculer l'impact total du SO_2 sur la santé. En 1993, nous avons, $d(maladies)/d(SO_2)=2,351-0,146 \times 12,5=0,526$, ce qui suggère un effet total négatif de la pollution sur la santé publique. En 1998, la valeur de cette dérivée devient $d(maladies)/d(SO_2)=2,351-0,146 \times 17,5 = -0,204$. Ce changement de signe est dû au fait qu'en 1998, l'effet négatif de la pollution sur la santé (2,351) est en effet totalement annulé par l'effet d'amélioration de la croissance économique (-0,146×12,5), qui est approvisionnée par cette augmentation de pollution. Ce résultat nous fournit aussi une explication raisonnable

pour le curieux changement de signe de la variable SO_2 entre les estimations des deux sous-échantillons.

Regardons maintenant les résultats pour les autres déterminants de la santé publique. Premièrement, pour le revenu par tête (Y_{pc}), au lieu de la relation linéaire et négative que nous anticipons, l'impact de l'augmentation du revenu par tête (Y_{pt}) sur les maladies chroniques est décrit par une forme en U inversé. Le ratio des maladies chroniques dans la population va d'abord augmenter avec l'augmentation du revenu, et cette tendance à l'augmentation ne changera qu'au moment où le revenu par tête aura atteint 4988 yuans. Cette relation en U inversé montre le fait que la situation de la santé publique ne peut être améliorée avant que la population n'ait atteint un certain seuil du revenu.

Les coefficients trouvés pour l'indicateur d'éducation *Higher* et pour l'indicateur de la sécurité sociale *Self-funded* sont, contraire à notre prédiction. Selon les résultats des estimations, nous devons considérer ces deux variables comme des facteurs positifs pour l'état de santé publique, c'est à dire porter les coefficients négatifs dans l'estimation. Plusieurs explications sont possibles. Pour l'éducation, avec l'augmentation de notre niveau de l'éducation, nous accumulons des connaissances sur notre corps et devenons peut-être plus sensibles à notre situation de santé et plus portés à nous sentir malades (subjectivement), surtout dans le cas des maladies chroniques. Pour la couverture de la dépense de santé, une meilleure couverture sur la dépense de santé permet à la population de consulter des médecins plus librement et de se sentir plus facilement malade (subjectivement). Par conséquent, comme dans le cas de l'éducation, il se peut que cet effet subjectif domine et donc un niveau de la couverture de la dépense de santé plus élevé entraîne une incidence de maladies chroniques plus importante. Ces deux aspects de doutes sont en effet correspondu par les caractères subjectifs de notre indice de santé. Pour recueillir les informations sur les maladies chroniques dans la population, la question de l'enquête était : « au cours des six derniers mois, avez vous eu des maladies chroniques examinées et confirmées par les médecins »? Évidemment, pour une personne supportant elle-même les dépenses de consultation ou possédant moins de connaissance sur le fonctionnement de son corps, il est peu probable qu'elle aille consulter un médecin pour un problème de santé qui peut sembler peu aiguë. Ainsi, la probabilité pour cette personne d'être examinée par les médecins et d'avoir la confirmation d'une maladie chronique se trouve réduite.¹

¹ Cette insuffisance dans la mesure de la situation de santé publique, n'affecte cependant pas la crédibilité du résultat d'estimation pour la relation entre la pollution et la santé, bien que probablement nous devons tenir en compte que l'impact négatif réel de la pollution sur la santé publique pourrait être plus élevé que celui indiqué par nos résultats d'estimation.

9.5. Analyses sur les seuils de l'impact de l'émission industrielle de SO₂ sur la santé

Bien que nous acceptions que la pollution nuise à la santé, nous devions en même temps être d'accord pour dire que les humains possèdent la capacité de supporter la pollution au SO₂ jusqu'à un certain seuil. L'OMS indique que pour les pays en voie de développement, le standard acceptable de concentration de SO₂ dans l'air est de 60 µg/m³. Nous anticipons donc que les dommages principaux de santé liés à ce problème de pollution se manifestent après que ce seuil soit dépassé.

A partir du Tableau 9.2, nous constatons que la disparité dans la situation l'émission industrielle de SO₂ entre les 89 cantons est très importante. La valeur minimale de la densité d'émission est de seulement 0,00004 g/m², alors que la valeur maximale est de 294,723 g/m². Existe-t-il, comme pour l'indice de concentration du SO₂ dans l'air défini par l'OMS, un seuil pour la densité de l'émission industrielle? Est-il possible que nos résultats d'estimation, s'il ne tient pas compte de l'existence de ce seuil, soient biaisés ?

Pour chercher ce seuil potentiel, nous trions d'abord l'ancien échantillon selon la valeur de sa densité de SO₂ par ordre décroissant. Dans un premier temps, nous commençons les régressions en incluant les observations qui possèdent les plus grandes valeurs de densité de pollution. Si les coefficients de SO₂ et de SO₂×temps restent significatifs, nous descendons dans la liste des cantons et ajoutant dans la régression un canton de plus chaque fois. Nous continuons à élargir notre échantillon jusqu'au moment où les coefficients des variables SO₂ et SO₂×temps ne soient plus significatifs. Nous considérons ainsi la valeur de la densité de SO₂ obtenue dans la dernière estimation avant que les résultats deviennent non significatifs comme seuil de la densité d'émission de SO₂ qui a un impact significatif sur les maladies chroniques. Avec cette méthode, nous trouvons que le seuil le plus probable est de 8 g/m².

En se basant sur ce résultat, nous pouvons ensuite diviser notre base de données en deux sous-échantillons: ceux qui dont les niveaux de pollution dépassent le seuil de 8 g/m² et ceux qui dont les niveaux de pollution ne le dépassent pas. Ensuite, nous pouvons re-estimer l'équation (9.4) avec ces deux sous-échantillons. Leurs résultats sont listés dans les deux premières colonnes du Tableau 9.4. Evidemment, le rôle négatif de l'émission industrielle de SO₂ sur la santé reste seulement significatif dans le sous-échantillon où la densité de l'émission industrielle de SO₂ est supérieure à 8g/m² (F valeur = 6.34). Cependant, il nous semble que l'amplitude de l'impact négatif de la densité de l'émission sur la santé reste presque au même niveau que ce que nous avons trouvé dans l'estimation du Tableau 9.3, où

l'effet de seuil était ignoré. Évidemment, la stabilité de nos résultats n'est pas affectée par le réarrangement de la base de données. De plus, la stratégie de diviser l'échantillon en deux selon le seuil ne montre pas un pouvoir explicatif supérieur. Au contraire, avec une valeur de 0,606 pour le F statistique du test de Chow, nous suspectons qu'une simple division de la base de données selon le niveau du seuil ne baisse le pouvoir explicatif de notre modèle.

Tableau 9.4. Analyse du seuil d'impact du SO₂ sur la santé (DMC)

Variable dépendante	Nb. de personnes atteintes des maladies chroniques pour 1000 personnes		
	Sous-échantillons (SO ₂ =8g/m ²)		L'échantillon total (Modèle spliné)
	SO ₂ >8g/m ²	SO ₂ <8g/m ²	
SO ₂	2,183* (0,082)	19,497 (0,532)	
Time	4,894 (0,786)	-17,948*** (0,005)	-12,166** (0,018)
SO ₂ ×time	-0,128 (0,182)	-1,232 (0,501)	
(Sur-seuil)×SO ₂			2,461*** (0,002)
(Sur-seuil)×SO ₂ ×time			-0,153** (0,012)
(Sous-seuil)×SO ₂			13,733 (0,668)
(Sous-seuil)×SO ₂ ×time			-0,890 (0,634)
Higher ^a	23,766** (0,014)	6,342 (0,553)	14,463** (0,025)
Ypc ^b	-54,161 (0,277)	61,119* (0,083)	28,833* (0,077)
Ypc au carré	3,40 (0,318)	-5,44 (0,532)	-3,000* (0,070)
Self_fun	-0,094 (0,787)	-0,290 (0,208)	-0,374** (0,024)
Heavy	-0,411 (0,783)	1,723*** (0,000)	1,320*** (0,002)
Constante	189,339 (0,141)	242,131*** (0,000)	223,298*** (0,000)
R ² carrée	0,4995	0,3664	0,6091
F	21,65	9,50	38,50
F test pour la significativité jointe de SO ₂ et SO ₂ ×temps ^c	6,34	0,38	
F (Chow test) ^d	0,606		2,385
Nombre d'observations ^b	54	120	174

Note : a. Ici, Higher, l'indice du niveau d'éducation est une variable endogène, nous utilisons les variables instrumentales suivantes pour l'estimer dans notre régression de (DMC) : SO₂, temps, SO₂×temps, self-funded, Y, Heavy, Urban et Aveareap (la surface moyenne habitée par tête), unmarried (le pourcentage de la population célibataire dans la population totale), employed (le pourcentage de la population employée dans la population totale) et Urban-pop (le ratio de la population urbaine dans la population totale de chaque canton). Pour ce qui est des quatre nouvelles variables exogènes, les trois premières proviennent de l'enquête et la dernière provient du « China County-level Data on Provincial Economic Yearbooks » pour l'année 1991 et du « China's county-level economic statistics 2000 » pour l'année 1999.

b. Les trois cantons du Tibet sont enlevés à cause du manque de données sur la situation économique.

c. Le F test teste la co-significativité des termes SO₂ et SO₂ × temps.

d. Le Test de Chow sert à tester les changements de structure de la fonction d'estimation selon les valeurs des variables indépendantes (Johnston, 1987, pp207).

e. La méthode utilisée pour distinguer le seuil de la pollution est inspirée de la méthode pour chercher le point d'interruption introduite dans Johnson (1987).

Par conséquent, nous décidons d'utiliser le modèle en « spline » selon le seuil de densité de l'émission industrielle de SO_2 pour re-estimer notre équation (9.6). Dans cette nouvelle estimation, en se basant de nouveau sur l'échantillon total, nous distinguons seulement les coefficients des deux termes liés à SO_2 en les multipliant avec les variables muettes Sur-seuil, (égale à 1 si $\text{SO}_2 > 8\text{g/m}^2$, et à 0 si $\text{SO}_2 < 8\text{g/m}^2$) et Sous-seuil (égale à 1 si $\text{SO}_2 < 8\text{g/m}^2$, et à 0 si $\text{SO}_2 > 8\text{g/m}^2$).

Le résultat est montré dans la troisième colonne du Tableau 9.4 Ce modèle « spliné » augmente clairement le pouvoir explicatif de notre estimation. De plus, le test de Chow confirme la supériorité de cette nouvelle estimation en distinguant entre les deux sous-échantillons. Quand le niveau de densité de l'émission industrielle de SO_2 est supérieur à 8g/m^2 , leurs coefficients significatifs correspondent à notre anticipation, et la direction du rôle total du SO_2 change également de signe entre 1993 (0,5485) et 1998 (-0,2165). Cependant, quand le niveau d'émission de SO_2 est inférieur à ce seuil, les coefficients de SO_2 et $\text{SO}_2 \times \text{temps}$ sont aussi tous deux significatifs.

Les coefficients des autres variables sont également aussi cohérents avec ceux trouvés dans la section 9.4. Une fois de plus, nous constatons que la relation entre le niveau de revenu et le ratio des maladies chroniques est décrite par une courbe en forme de U inversé—l'augmentation de revenu n'entraîne une réduction dans le ratio des maladies chroniques qu'après que le niveau de revenu par tête n'ait atteint 4805 Yuans.

9.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons premièrement construit un système structurel pour expliquer la relation entre la pollution atmosphérique et la santé publique. Dans ce modèle, nous considérons non seulement un impact direct et statique de la pollution sur la situation de santé publique, mais aussi une tendance dynamique d'atténuation de cet impact avec la croissance économique. Ensuite, ce modèle est examiné grâce à des données agrégées au niveau des cantons. Ces dernières proviennent de deux enquêtes nationales organisées par le Ministère chinois de la Santé chinois en 1993 et 1998.

Nos résultats d'estimation montrent premièrement un impact négatif potentiel de la densité industrielle d'émission de SO_2 sur la situation de santé publique, mesurée dans cette étude par le ratio de maladies chroniques pour 1000 personnes. Nous trouvons que l'impact négatif de la densité d'émission sur la santé publique devient significatif après que la densité d'émission dépasse le seuil de 8g/m^2 . Cependant, cet impact négatif de la pollution sur la santé est progressivement annulé par les bienfaits de la croissance économique.

Malgré la cohérence de nos résultats basés sur des échantillons de différentes tailles et sur différentes fonctions d'estimation, nous devons admettre que c'est en effet une conclusion très optimiste et que sa véracité dépend étroitement de la validité de l'hypothèse implicite de ce modèle qui suggère que l'effort de dé-soufre augmente automatiquement avec la croissance du revenu. En effet, car nous avons ici employé une tendance de temps pour représenter la tendance croissante de l'accumulation du capital utilisé dans les activités de réduction de la pollution. La crédibilité de notre conclusion dans ce chapitre dépend donc de la capacité de producteur à fournir des efforts de réduction de pollution qui augmente de façon continue dans le temps.

Conclusion

Cette thèse a étudié la relation potentielle entre la croissance économique, la libéralisation commerciale et l'environnement en Chine, avec pour but d'identifier les conditions nécessaires et suffisantes à la réalisation d'un développement soutenable. Nous avons commencé notre travail par l'analyse d'une Courbe Kuznets Environnementale de forme réduite (Chapitre 2), ce qui a donné une image plutôt optimiste de la relation entre la croissance économique de la Chine et l'évolution de son émission industrielle de SO₂ par tête. Cependant, cette CKE relative à l'émission « par tête » ne garantit pas une trajectoire similaire pour l'émission industrielle totale de SO₂. Bien que notre analyse ait prévu un point de retournement aux environs de 9000 yuans (prix de 1990) pour l'émission industrielle de SO₂ par tête, l'évolution de l'émission industrielle totale de SO₂ semble quant à elle suivre une tendance monotone croissante. Pour comprendre les raisons sous-jacentes à cette tendance de l'émission totale de SO₂, nous avons effectué deux analyses structurelles, dans lesquelles les déterminants structurels de l'émission de SO₂ sont décomposés de façon paramétrique (Chapitre 3) ou non-paramétrique (Chapitre 4) en effets d'échelle, de composition et de technique. Nous trouvons que le revenu par tête agit comme une variable « omnibus » représentant les trois principaux déterminants structurels et ne transmet qu'un « effet net » de la croissance du revenu sur l'environnement. La véritable raison de la tendance toujours croissante de l'émission industrielle totale de SO₂ en Chine semble ainsi du à l'effet pollueur d'une échelle de production élargie qui nettement domine sur l'effet réducteur de pollution de changement technique, le tout combiné avec une transformation de la composition industrielle spécifique à chaque province qui conduit à une légère augmentation de la pollution dans la plupart des provinces chinoises, étant donné leur processus d'industrialisation.

La deuxième partie de cette thèse construit l'effort de décomposition en apportant une attention particulière au rôle du commerce international dans la détermination de l'émission de SO₂. Utilisé de façon pessimiste par certains économistes comme un canal par lequel les pays

développés riches se déchargeraient du fardeau de leur pollution sur leurs partenaires commerciaux plus pauvres, le commerce international a souvent été considéré comme une explication statique de la relation supposée en U inversé entre le revenu et la pollution. Toutefois, aucune des trois analyses que nous avons effectuées dans cette partie relative aux différents canaux à travers lesquels le commerce international peut exercer un impact sur les trois déterminants de l'émission ne conforte l'hypothèse d'un «havre de pollution» jouant un rôle décisif dans la situation de l'environnement en Chine. La conclusion du Chapitre 5 montre que la libéralisation commerciale n'influence que marginalement la variation de l'émission industrielle de SO_2 , via l'effet de composition dû à combinaison des forces résultant de l'avantage comparatif de la Chine sur sa dotation en travail et de celle correspondant à l'hypothèse du «havre de pollution». Cependant, le rôle réel du commerce est plus compliqué et loin d'être marginal. Au Chapitre 6, nous confirmons ses impacts positifs beaucoup plus importants et significatifs sur la pollution à travers à la fois l'élargissement de l'échelle de production et le progrès technique. Par ailleurs, l'analyse basée sur un système en simultané au Chapitre 7 nous permet de combiner les trois impacts indirects du commerce international sur l'émission dans un même modèle structurel. Les résultats de cette estimation nous indiquent que les exportations ont en Chine un effet favorable sur l'environnement alors que les importations (mesurées par l'accumulation du stock de machines et d'équipements importés) augmentent la pollution.

En reliant directement l'émission à la combustion d'énergie au cours du processus de production, le modèle d'analyse en EGC de la Partie 3 nous offre l'opportunité de paramétrer de multiples aspects des relations entre commerce, croissance et pollution et de comparer numériquement l'importance des incidences sur l'environnement du commerce et de la croissance économique. Cette analyse révèle que, comparativement à l'effet d'échelle qui résulte de la rapide expansion économique de la Chine, la réduction de pollution due à la libéralisation commerciale est malheureusement très insuffisante. La contribution la plus importante à la réduction de pollution provient ici de l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'énergie et dépend en grande partie de l'existence d'un processus flexible de substitution des énergies.

Face à cette situation, nous avons étudié dans le dernier chapitre de cette thèse l'effet potentiel rétroactif de la pollution sur la capacité de croissance future de la Chine. Notre analyse indique un impact négatif significatif de l'émission industrielle de SO_2 sur la santé publique après que la densité d'émission industrielle de SO_2 ait atteint le seuil critique de $8g/m^2$. Heureusement, ce chapitre semble également indiquer une dynamique par laquelle

l'impact significativement négatif de l'émission industrielle de SO₂ sur l'état de santé publique peut être graduellement réduit avec la croissance économique. Cependant, pour que cette dynamique se produise, la Chine aura besoin d'accroître ses investissements en technologies de traitement du dioxyde de soufre plus que proportionnel à sa croissance économique dans les années à venir.

En résumé, les analyses effectuées dans cette thèse indiquent à la fois les chances et les défis pour la Chine dans sa recherche d'une voie de développement soutenable. Si elle se poursuit la tendance actuelle à la détérioration de l'environnement qui accompagne la croissance économique, la Chine met réellement en danger la soutenabilité de cette croissance. Toutefois, le mécanisme structurel de détermination de l'émission industrielle de SO₂ révélé dans cette thèse indique aussi que la Chine a différentes possibilités de se préserver de ces dangers. Comme cela est proposé dans le Chapitre 8, il est possible de combiner une politique plus stricte de lutte contre la pollution avec des mesures de libéralisation commerciale (scénario Open+Desulfur du modèle en EGC), ou dans le Chapitre 9, d'investir plus dans les technologies réductrices de pollution.

Cependant, pour que ces mesures et politiques puissent être correctement et promptement mises à exécution et qu'elles puissent finalement apporter des résultats efficaces en termes de réduction de la pollution, l'existence d'une capacité technologique suffisante et de systèmes institutionnels et de marché efficaces sont indispensables.

La capacité technologique suffisante peut être ici considérée comme une condition nécessaire de la réalisation d'une croissance économique soutenable. Sans elle, augmenter aveuglément la sévérité de la lutte contre la pollution ou intensifier les investissements dans les activités de réduction de la pollution ne conduira qu'à des décisions non optimales des agents économiques et résultera en une perte inutile d'efficacité.

Quant aux systèmes institutionnels et de marché efficaces, ils devraient être considérés comme une condition suffisante. Sans fonctionnement normal de ces systèmes, les signaux de prix attendus d'une politique plus stricte de lutte contre la pollution ne peuvent pas être produits par l'économie. Et même si un signal de prix correct est obtenu, il serait difficile pour lui d'exercer une influence correcte sur la décision des agents économiques et finalement conduire au résultat prévu de réduction de la pollution. Bien évidemment, la poursuite d'un développement soutenable en Chine réclame une réforme du fond des systèmes technologiques, économiques et institutionnels. Sans une étroite coordination entre ces différents aspects, l'économie chinoise pourrait demeurer très loin de sa trajectoire spécifique de développement soutenable.

Étant un facteur situé du côté de l'offre, la condition sur la capacité technologique est relativement facile à satisfaire en Chine car sa croissance économique et son progrès technologique font partie des plus forts et des plus rapides du monde. La réforme des systèmes institutionnels et de marché est quant à elle beaucoup plus difficile à réaliser. Le succès de la construction de ces nouveaux systèmes exige ainsi une diffusion honnête et efficace de l'information au sujet de l'impact de la pollution sur la santé humaine, une prompte révélation de l'état actuel de la pollution, une meilleure réactivité du processus décisionnel du gouvernement à la demande publique, et finalement une ferme volonté de la part de gouvernement d'améliorer l'exécution des politiques et l'efficacité des contrôles. Si l'on considère que la demande pour un meilleur environnement est étroitement liée à l'utilité personnelle et au bien-être de chaque citoyen, la poursuite d'une trajectoire plus soutenable de développement *devrait également* faciliter la construction et l'amélioration des systèmes institutionnels et de marché en Chine.

Bien qu'étant un des aspects les plus importants du problème de pollution en Chine, l'émission industrielle de SO₂ est cependant loin de pouvoir entièrement représenter la situation environnementale de la Chine. Il existe ainsi toutes sortes de pollutions dont nous n'avons pas vraiment discuté dans cette thèse, telles que la pollution atmosphérique, les eaux usées, les déchets solides, l'épuisement des ressources naturelles, surtout la déforestation, etc. et qui déterminent avec l'émission industrielle de SO₂ la véritable qualité de l'environnement chinois. Sans un recensement méticuleux des différents aspects des problèmes de pollution et une compréhension complète de la situation actuelle et de la dynamique future de la capacité d'absorption du système écologique, même avec une croissance économique future maîtrisant l'émission industrielle de SO₂, nous aurons toujours beaucoup de difficulté à dire si la Chine suit ou non une trajectoire de développement soutenable.

Étant données leurs grandes différences économiques, structurelles, démographiques et en dotations naturelles, chaque région peut avoir à résoudre des problèmes urgents de pollution qui ne sont pas les mêmes. Pour le « village du cancer » dans le Zhejiang, la tâche la plus pressante est de fermer les petites entreprises rurales qui polluent les sources d'eau potable, alors que pour certaines régions de la Mongolie Intérieure, elle est de chercher à préserver les pâturages de la désertification. Néanmoins, la logique de la nécessité de systèmes technologiques, économiques, politiques et institutionnelles efficaces pouvant soutenir une réduction efficace de la pollution est applicable à tous les différents types d'objectifs de réduction de la pollution.

L'intervention politique et institutionnelle d'un gouvernement attentif devrait même être bien plus importante lorsque la proportion de pollution liée à la consommation aura commencé à augmenter. En outre, l'inséparabilité de la pollution et de la consommation devrait beaucoup handicaper les individus dans leur objectif de protection de l'environnement. Etant donné le faible taux de possession d'un véhicule privé par les ménages chinois, il est donc à craindre que la forte croissance économique de la Chine ne conduise à une très importante augmentation de la pollution liée à l'utilisation de ces véhicules privés au cours des 30 prochaines années. Dans ce cas, pour un contrôle efficace de la pollution, l'intervention du gouvernement sera essentielle.

L'existence d'un système économique et institutionnel efficace est également une condition indispensable pour une coopération internationale active et efficace de la réduction des gaz à effet de serre. En tant que le deuxième plus important émetteur mondial de gaz à effet de serre, avoir un processus de prise de décision plus transparent et une mise en application plus efficace de ses politiques peut accroître la confiance des autres pays envers la résolution et la capacité de la Chine à atteindre ses objectifs de réduction de gaz à effet de serre, encourageant ainsi les autres pays à tenir leurs propres engagements et finalement à contribuer à un futur plus optimiste pour notre planète.

Références

- Agras, J. et D. Chapman (1999), A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics* 28(2): 267-277.
- Alberini, A. et A. Krupnick (1997). Air pollution and acute respiratory illness: evidence from Taiwan and Los Angeles. *American Journal of Agriculture Economics* 79(3): 1620-1624.
- Alcántara V. et J. Roca (1995). Energy and CO₂ emissions in Spain : Methodology of analysis and some results for 1980–1990. *Energy Economics* 17(3):221-230.
- Anderson, D. et W.Cavendish (2001). Dynamic Simulation and Environmental Policy Analysis: Beyond Comparative Statics and the Environmental Kuznets Curve. *Oxford Economic Papers* 53: 721-746.
- Anderson, T. et C. Hsiao (1982), Formulation and estimation of dynamic models using panel data. *Journal of Econometrics* 18: 67-82.
- Andreoni, J. and A. Levinson (2001). The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Public Economics* 80: 269 - 286.
- Ang, B.W. (1995). Decomposition methodology in industrial energy demand analysis. *Energy* 20(11) :1081-1095.
- Ang, B.W. (1995). Multilevel decomposition of industrial energy consumption. *Energy Economics* 17(1): 39-51.
- Ang, B.W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy Policy* 33(7): 867-871.
- Ang, B.W. et G. Pandiyan (1997). Decomposition of energy-induced CO₂ emissions in manufacturing, *Energy Economics* 19: 363-374.
- Ang, B.W. et N. Lui (2005). A cross-country analysis of aggregate energy and carbon intensities. *Energy Policy*, *Forthcoming*.
- Antle, J.M. et G. Heidebrink (1995). Environment and development: Theory and International Evidence. *Economic Development and Cultural Changes* 43: 603-625.
- Antweiler, W., B. R. Copeland et M.S. Taylor (1998). *Is Free Trade Good for The Environment?* NBER, No. 6707.
- Antweiler, W., B. R. Copeland et M.S. Taylor (2001). Is Free Trade Good for The Environment?, *American Economic Review* 91(4): 877-908.
- Arcand, J-L, P. Guillaumont et S. Guillaumont Jeanneney (2003). *Deforestation and the Real Exchange Rate*, Etudes et Documents, CERDI, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand.
- Arellano, M. et O. Bover (1995). Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models, *Journal of Econometrics* 68: 29-51.
- Arellano, M. et S.R. Bond (1991). Some Tests of Specification for panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations, *Review of Economics Studies* 58: 277-297.
- Arrow, K., B. Bolin, R. Costanza, P. Dasgupta, C.Folke, C. S. Holling, B.O. Jansson, S. Levin, K.G. Mäler, C. Perrings et D. Pimentel (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological Economics* 15(2): 91-95.
- Audibert, M., J. Mathonnat et N. Chen (2000). Does external openness influences the infant mortality rates? An econometric investigation for the Chinese provinces. *Health and System Science*, 2000(4), 65-90.
- Audibert, M., J. Mathonnat, M. Henry et I. Nzeyimana (1999). Rôle du paludisme dans l'efficacité technique des producteurs de coton du nord de la Côte-d'Ivoire. *Revue d'Economie du Développement* 1999(4), 121-148.
- Auffhammer, M. (2002). *Forecasting China's Carbon Dioxide Emissions:A View Across Province.*, Job Market Paper, University of California San Diego, Department of Economics.
- Baldwin, R. (1995). Does sustainability require growth? Dans Goldin, I., Winters, L.A. (Eds.), *The Economics of Sustainable Development*. Cambridge University Press, Cambridge, pp19–46.

- Balestra, P. et M. Nerlove (1966). Pooling Cross-Section and Time Series Data in the Estimation of a Dynamic Model: The Demand for Natural Gas, *Econometrica* 34: 585-612.
- Baltagi, B.H. (1995). *Econometric Analysis of Panel Data*, Wiley and Sons, Ltd, West Sussex, England, 304pp.
- Banque Mondiale (1996a). *China: Chongqing Industry pollution control and reform project*, Staff Appraisal Report, Washington DC.
- Banque Mondiale (1996b). *China: Issues and Options in Health Financing*, China and Mongolia Department, Washington, DC.
- Banque Mondiale (1996c). *China : Chongqing Industry pollution control and reform project*. Staff Appraisal Report, Washington DC.
- Banque Mondiale (1997). *China's Environment in the New Century: Clear Water, Blues Skies*. Banque Mondiale, Washington, DC.
- Banque Mondiale (1998a). *Poverty Reduction and the World Bank: Progress in Fiscal 1996 and 1997*. http://www.worldbank.org/html/extdr/pov_red/default.htm.
- Banque Mondiale (1999a), *Greening Industry: New roles for communities, markets and government*. Oxford University Press.
- Banque Mondiale (1999b). *World Development Indicators 1999*. <http://www.worldbank.org/data/wdo/home.html>.
- Banque Mondiale (2000). *Greening Industry: New roles for communities, markets and governments*. Oxford University Press, 150pp.
- Banque Mondiale (2001). *World Development Report 2000/2001: Attacking Poverty*. Washington, DC: Banque Mondiale. <http://www.worldbank.org/html/extpb/annrep/down.htm>.
- Bao, D., G.H.Chang, J.D. Sachs et W.T. Woo (2002). Geographic factors and China's regional development under market reform, 1978-1998. *China Economic Review* 13:89-111.
- Barrett, S. et K. Graddy (2000). Freedom, growth and the environment. *Environment and Development Economics* 5: 433-456.
- Bartik, T. J. (1985). Business Location Decision in United States: Estimates of the Effects of Unionization, Taxes, and Other Characteristics of States. *Journal of Business Economy and Statistics* 3(1): 14-22.
- Bartik, T.J. (1988). The effects of Environmental Regulation on Business Location in the United States. *Growth Change* 19(3): 22-44.
- Bartik; T.J. (1989). Small Business Start-Ups in the United States: Estimates of Effects of Characteristics of States. *Southern Economic Journal* 55(4): 1004-1018.
- Bartlett, A. (1994). Reflections on Sustainability, Population Growth and the Environment. *Population and Environment* 16(1): 5-35.
- Beckerman, W. (1992). Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment? *World Development* 20(4): 481-296.
- Beghin, J., B. Bowland, S. Déssus et D. Roland-Holst (1999). Trade, Environment, and Public Health in Chile: Evidence from an Economy-wide Model, in P.G. Fredriksson (ed). *Trade, Global Policy, and the Environment*, Banque Mondiale 1999, pp35-54.
- Beghin, J., S. Dessus, D. Roland-Holst et D. Van der Mensbrugge (1996). *General Equilibrium Modelling of Trade and the Environment*. Technical paper No. 116, OCDE.
- Beghin, J., S. Dessus, D. Roland-Holst et D. Van der Mensbrugge (2002). Trade Integration, Environmental Degradation, and Public Health in Chile: Assessing the Linkage. *Environment and Development Economics* 7: 241-267.
- Beghin, J., S. Dessus, D. Roland-Holst et D. Van der Mensbrugge (1997). The Trade and Environment Nexus in Mexican Agriculture: A General Equilibrium Analysis. *Agricultural Economics* 17: 115-131.
- Behr, A. (2003). *A Comparison of Dynamic Panel Data Estimators: Monte Carlo Evidence and an Application to the Investment Function*. Discussion paper 05/03. Economic Research Centre of the Deutsche Bundesbank.
- Beijing Environment, Science and Technology update, 14, June, 2002.
- Bhattarai, M. et M. Hammig (2001). Institutions and the environmental Kuznets curve for deforestation: a crosscountry analysis for Latin America, Africa and Asia. *World development* 29(6): 995-1010.
- Bimonte, S. (2002). Information access, income distribution and the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics* 4: 145-156.

- Blundell, R. et S.R. Bond (1998). Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models. *Journal of Econometrics*, 87: 115-143.
- Boulding, K.E. (1966). *The Economics of the Coming Spaceship Earth. From Environmental Quality in a Growing Economy*. Washington, D.C.: John Hopkins Press.
- Bouman, M., (1996). *Do Pollution Abatement Costs Induce Direct Foreign Investment? Evidence for Germany*. Mimeo, University of Amsterdam.
- Bradford, D.F., R. Schlieckert, et S.H. Shore (2000). *The environmental Kuznets curve: exploring a fresh specification*, NBER, WP, numéro 8001.
- Brun J-F., J-L. COMBES et M-F. RENARD (2002). Are there Spillover Effects Between Coastal and Non-coastal Regions in China ? *China Economic Review*, 13(2-3): 161-169.
- BRUN J-F., M-F, RENARD, (1999). Croissance industrielle et disparités régionales en Chine. *Mutations Asiatiques* 14 : 40-42.
- Bruvold, A. and H. Medin (2003). Factors Behind the Environmental Kuznets Curve: A Decomposition of the Changes in Air pollution. *Environmental and Resource Economics* 24(2003):27-48.
- Cai, F., D. Wang et T. Du (2002). Regional disparity and economic growth in China: the impact of labor market distortions. *China Economic Review* 13: 197-212.
- Cao, D., J. Yang et C. Ge (1999). SO₂ Charge and Taxation Policies in China: Experiment and Reform, in (OCDE eds.). *Environmental Taxes: Recent Developments in China and OECD Countries*, OCDE. pp233-257.
- Carson, R. T., Y. Jeon et D. McCubbin (1997). The Relationship Between Air Pollution Emission and Income: US Data. *Environmental and Development Economics* 2:433-450.
- Chay, K. Y. et M. Greenstone (1999). *The impact of air pollution on infant mortality: evidence from geographic variation in pollution shocks induced by a recession*. NBER working paper series no. 7442.
- Chestnut, L. G., B. D. Ostro et N. Vichit-Vadakan (1997). Transferability of air pollution control health benefits estimates from the United States to developing countries: evidence from the Bangkok study. *American Journal of Agriculture Economics* 79 (3): 1630-1635.
- Choi, K.H. et B.W. Ang (2001). A time-series analysis of energy-related carbon emission in Korea. *Energy Policy* 29(2001): 1155-1161.
- Choi, K.H., B.W. Ang, and K.K.Ro (1995). Decomposition of the energy-intensity index with application for the Korean Manufacturing Industry. *Energy*, 20(9): 835-884.
- Choi, K.H. et B.W. Ang (2002). Measuring thermal efficiency improvement in power generation : the Divisia decomposition approach. *Energy*, 27(2002): 447-455.
- Cole, M. A., A. J. Rayner et J. M. Bates (1997). The Environmental Kuznets Curve : An Empirical Analysis. *Environmental and Development Economics* 2:401-416.
- 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). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48(1): 71-81.
- Cole, M.A. (2000). *Trade Liberalisation, Economic Growth and the Environment*. Edward Elgar, Cheltenham, UK and Northampton, MA. USA. 144pp.
- Cole, M.A. (2004). US environmental load displacement: examining consumption, regulations and the role of NAFTA. *Ecological Economics* 48(4): 439-450.
- Cole, M.A., A.J. Rayner et J.M. Bates (1997). The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. *Environment and Development Economics* 2: 401-416.
- Cole. M.A. et R. J. R. Elliott (2003). Determining the trade–environment composition effect: the role of capital, labor and environmental regulations. *Journal of Environmental Economics and Management* 46(3): 363-383.
- Combes, J-L., P. Combes, P. Guillaumont et S. Guillaumont Jeanneney (2000). Ouverture sur l'extérieur et instabilité des taux de croissance. *Revue Française d'Economie*, n°1.
- Coondoo, D. et S. Dinda (2002). Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis. *Ecological Economics* 40: 351-367.
- Copeland, B. et M. S. Taylor (1994). North-South Trade and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics* 109(3): 755-787.

- Copeland, B. et M. S. Taylor (1997). *A Simple Model of Trade, Capital Mobility and the Environment*, NBER, No. 5898, Cambridge, MA.
- Copeland, B.R. et M.S. Taylor (2003). *Trade and the Environment: Theory and Evidence*, Princeton and Oxford: Princeton University Press, 304pp.
- Cropper, M. et C. Griffith (1994), The Interaction of Population Growth and Environmental Quality. *American Economic Association Papers and Proceedings*, 84(12), 250-254.
- Cropper, M. L., N. B. Simon, A. Alberini, S. Arora et P. K. Sharma (1997). The health benefits of air pollution control in Delhi. *American Journal of Agriculture Economics* 79 (3): 1625-1629.
- Daly, H.E. (1973). *Towards A Steady-State Economy*. New York: W. H. Freeman.
- Daly, H.E. et K.N. Townsend (1993). *Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dasgupta S., M. Huq, D. Wheeler et C. Zhang (1996), *Water Pollution abatement by Chinese industry: Cost Estimates and Policy Implications*, Policy Research Working paper, numéro. 1630, Banque Mondiale, Washington, DC.
- Dasgupta, S et D. Wheeler (1997). *Citizen Complaints as Environmental Indicators : Evidence From China*, Policy Research Working Paper, numéro. 1704, Banque Mondiale, Washington, DC.
- Dasgupta, S. and al. (1995). *Environmental Regulation and Development: A Cross-Country Empirical Analysis*, Policy Research Working Paper, numéro 1448, Banque Mondiale.
- Dasgupta, S., B. Laplante, N. Mamingi et H. Wang (2000). *Industrial Environmental Performance in China*. Policy Research Working Paper, Numéro. 2285, Banque Mondiale, Washington, DC.
- Dasgupta, S., B. Laplante, N. Mamingi et H. Wang (2000). *Industrial Environmental Performance in China*. Banque Mondiale, Policy Research Working Paper, numéro. 2285.
- Dasgupta, S., H. Wang et D. Wheeler (1997). *Surviving Success: Policy Reform and the Future of Industrial Pollution in China*, PRDEI, août, 1997.
- Dasmann, R.F., J.P. Milton, et P.H. Freeman (1973). *Ecological Principles for Economic Development*, London and New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- David W. Pearce et R. Kerry Turner (1990). Environmental and the Developing countries. Dans *Economics of Natural Resources and the Environment*, chapitre 22. New York & London: Harvester Wheatsheaf, 342-359
- De Bruyn, S. M. (1997). Explaining the Environmental Kuznets Curve: Structure Change and International agreements in Reducing Sulphur Emission. *Environmental and Development Economics* 2:485-503.
- De Bruyn, S. M., J.C.J.M. van der Bergh et J. B. Opschoor (1998). Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Base of Environmental Kuznets Curves. *Ecological Economics* 25:161-175.
- De Groot, H.L.F., C.A. Withagen et M. Zhou (2004). Dynamics of China's regional development and pollution: an investigation into the Environmental Kuznets Curve. *Environment and Development Economics* 9(4): 507-538.
- De Melo, J., et S. Robinson (1990). *Productivity and Externalities: Models of Export-led Growth*. Memo. 90.10, l'Université de Genève, Genève.
- Dean, J. M. (1998). Testing the Impact of Trade Liberalization on the Environment: theory and evidence, in Fredriksson. Dans P. G. Fridriksson (eds.) *Trade, Global policy and Environment*, chapitre 4, pp55-63, Banque Mondiale, Washington, 1998.
- Démurger, S. (2001). Infrastructure Development and Economic Growth: An Explanation for Regional Disparities in China? *Journal of Comparative Economics* 29: 95-117.
- Desaigues, B. (1998). *Économie et politiques de l'environnement*. Dalloz-Sirey: Paris, 360pp.
- Dessus, S. M. Bussolo (1998). Is There a Trade-off Between Trade Liberalization and Pollution Abatement? A Computable General Equilibrium Assessment Applied to Costa Rica. *Journal of Policy Modeling* 20, 11-31.
- Dessus, S., D. Roland-Holst, et D. Van der Mensbrugge (1994). *Input-based Pollution Estimates for Environmental Assessment in Developing Countries*. Technical papers, No. 101, OCDE.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics* 49(4) :431-455.
- Dinda, S., D. Coondoo et M. Pal (2000). Air Quality and Economic Growth: An Empirical Study. *Ecological Economics* 34:409-423.
- Divisia, F. (1925). L'indice monétaire et la théorie de la monnaie. *Revue D'Economie Politique* 39(4) : 842-864.

- Divisia, F. (1926). L'indice monétaire et la théorie de la monnaie. *Revue D'Economie Politique* 39(6) : 980-1008.
- Dominici, F., M. Daniels, S. L. Zeger et J. M. Samet (2002). Air pollution and mortality: estimating regional and national Does-Response Relationships. *Journal of the American Statistical Association* 97(457): 100-111.
- Egli, H. (2002). *Are Cross-Country Studies of the Environmental Kuznets Curve misleading? New Evidence from Time Series Data for Germany*, Fondazione Eni Enrico Mattei, working paper, Climate Change Modelling and Policy.
- Ekins, P. (1997). The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence. *Environment and Planning A*. 29: 805-830.
- Eskeland, G. S. (1997). Air pollution requires multipollutant analysis: the case of Santiago, Chile. *American Journal of Agriculture Economics* 79 (3): 1636-1641.
- 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.
- FAO (2001). *FAO database*, accessed in 2001: <http://apps.fao.org>.
- Feder, G. (1983). On exports and economic growth. *Journal of Development Economics* 12(1-2): 59-73.
- Frankel, J. A. et A. K. Rose (2002). *Is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality*. NBER numéro. 9201.
- Fredriksson, per G., J.A. List et D.L. Millimet (2003). Bureaucratic corruption, Environmental Policy and Inbound U.S. FDI: Theory and Evidence. *Journal of Public Economics* 87: 1407-1430.
- Friedl, B. et M. Getzner (2003). Determinants of CO₂ emissions in a small open economy. *Ecological Economics* 45:133-148.
- Friedman, J., D. A. Gerlowski, et J. Silberman (1992). What Attracts Foreign Multinational Corporations? Evidence from Branch Plant Location in the United States. *Journal of Regional Science* 32(4): 403-18.
- Fu, X. (2004). Limited linkage from growth engines and regional disparities in China. *Journal of Comparative Economics* 32: 148-164.
- 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.
- Gangadharan, L. et M.R. Valenzuela (2001). Interrelationships between income, health and the environment: extending the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics* 36: 513-531.
- Georgescu-Roegen, N. (1973). The Entropy Law and the Economic Problem. Dans Daly, H.E. (ed), *Towards a Steady-State Economy*. New York: W. H. Freeman.
- Glover, D. (1999). Economic Growth and the Environment. *Canadian Journal of Development Studies* 20:609-623.
- Greene, W. H. (2000), *Econometric Analysis, International Edition, (Version IV)*, New York University: Prentice-Hall International Inc.
- Greening, L.A., B. D. William et L. Schipper (1998). Decomposition of aggregate carbon intensity for the manufacturing sector: comparison of declining trends from 10 OECD countries for the period 1971-1991. *Energy Economics* 20(1): 43-65.
- Greening, L.A., W. B. Davis, L. Schipper et M. Khrushch (1997). Comparison of six decomposition methods: application to aggregate energy intensity for manufacturing in 10 OECD countries. *Energy Economics* 19(1997) : 375-390.
- 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. (1995). Pollution and growth: What do we know? Dans Goldin and Winter (eds.). *The Economics of Sustainable Development*, Cambridge University Press, 1995.
- Grossman, G. (1995). Pollution and growth: What do we know? Dans Goldin and Winter (eds.) *The Economics of Sustainable Development*, Cambridge University Press, 1995.
- 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.
- Grossman, G. M. et A. B. Krueger (1993). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. in The U. S. -Mexico Free Trade Agreement*. Dans P. Garber ed., Cambridge, MA: MIT Press.
- Guillaumont Jeanneney, S., et P. Hua (2001). How does real exchange rate influence income inequality between urban and rural areas in China? *Journal of Development Economics* 64: 529-545.

- Guillaumont Jeanneney, S., P. Hua (2002). The Balassa–Samuelson effect and inflation in the Chinese provinces. *China Economic Review* 13, 134-160.
- Guillaumont, P. (1969). *La Pensée démo-économique de J.-B. Say et de Sismondi*. Editions Cujas (22 mai 1969), 149pp.
- Guillaumont, P. (1979). More on Consistent Measures of Import Substitution. *Oxford Economic Papers* 31(2): 324-329.
- Guillaumont, P. (1985). *Economie du Développement*. Tome 1-3, PUF, Paris.
- Guillaumont, P. (2001). *Ouverture, vulnérabilité et développement*. Etudes et Documents, E2001.03, CERDI, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand.
- Halkos, G. (2003). Environmental Kuznets Curve for sulfur: evidence using GMM estimation and random coefficient panel data models. *Environment and Development Economics* 8: 581-601.
- Halkos, G.E. et E.G. Tsionas (2001). Environmental Kuznets curves: Bayesian evidence from switching regime model. *Energy Economics* 23: 191-210.
- Hansen, A. C. et H. Selte (2000). Air pollution and Sick-leaves: A Case Study Using Air Pollution Data from Oslo. *Environmental and Resource Economics* 16: 31-50.
- Harbaugh, W., A. Levinson et D. Wilson (2000). Re-examining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve, NBER, numéro. 7711.
- Harbaugh, W., A. Levinson et D. Wilson (2002). Reexamining The Empirical Evidence For An Environmental Kuznets Curve. *The Review of Economics and Statistics* 84(3): 541-551.
- Harris, J.M. (2002). *Environmental and Natural Resource Economics: A Contemporary Approach*. Houghton Mifflin Company, Boston and New York. 464pp.
- Hausman, J. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica* 46: 1251-1271.
- He, J. (2003). *Economic Determinants for China's Industrial SO₂ Emission: Reduced vs. Structural form and the role of international trade*, mimeo, CERDI, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand, France.
- He, J. (2004). *Estimation on Economic Cost of China's New De-sulfur Policy During Her Gradual Accession to WTO: The Case of Industrial SO₂ Emission*, EEPSEA/IRDC research report.
- He, J. (2005). Estimation on Economic Cost of China's New De-sulfur Policy during Her Gradual Accession to WTO: The Case of Industrial SO₂ Emission. *China Economic Review*, forthcoming.
- He, J. (2005). Estimation on Economic Cost of China's New De-sulfur Policy during Her Gradual Accession to WTO: The Case of Industrial SO₂ Emission. *China Economic Review*, forthcoming.
- He, J. (2006). Pollution haven hypothesis and Environmental impacts of foreign direct investment: The Case of Industrial Emission of Sulfur Dioxide (SO₂) in Chinese provinces. *Ecological Economics*, forthcoming.
- Heerink, N., A. Mulatu, et E. Bulte (2001)., Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curves. *Ecological Economics* 38: 359-367.
- Heil, M. K. et T. M. Selden (2000). Carbon Emission and Economic Development: Future Trajectories Based on Historical Experience. *Environment and Development Economics* 6: 63-83.
- Hettige, H., M. Mani et D. Wheeler (2000). Industrial pollution in economic development: the environmental Kuznets curve revisited. *Journal of Development Economics* 62: 445-478.
- 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.
- Hilton, F.F.H. et A. Levinson (1998). Factoring the environmental Kuznets curves: Evidence from automotive lead emissions. *Journal of Environmental Economics and Management* 36: 126-141.
- Hilton, Hank F. G., (1998). Factoring the Environmental Kuznets Curve: Evidence form Automotive Lead Emissions. *Journal of Environmental Economics and Management* 35:126-141.
- Hou, W. (1990). The environmental crisis in China and the case for environmental history studies. *Environmental History Review* 14(1-2): 151-158.
- Hu, D. (2002). Trade, rural-urban migration, and regional income disparity in developing countries: a spatial general equilibrium model inspired by the case of China. *Regional Science and Urban Economics* 32: 311-338.
- Hulten, C. R. (1973). Divisia index numbers. *Econometrica* 41(6): 1017-1025.
- IBRD (1992). *World Development Report 1992: Development and Environment*. New York: Oxford University Press.
- International Bank for Restructure and Development (IBRD, 1992). *Development and Environmen: World Development Report*, Banque Mondiale, Oxford University Press.

- Jaffe, A. B., S. R. Peterson, P. N. Portney et R. N. Stavins (1995). Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell US? *Journal of Economic Literature* XXXIII: 132-163.
- Janicke, M., M. Binder et H. Monch (1997). Dirty industries: patterns of change in industrial countries. *Environmental and Resource Economics* 9: 467-49.
- Johnston, J. (1987), *Econometric Method*, (Third Edition). Singapore: McGraw-Hill International Editions, Economies series, 648pp.
- Judson, R.A., et A.L. Owen (1996). *Estimating Dynamic Panel Data Models: A Practical Guide For Macroeconomists*. Federal Reserves Board of Governors, Washington, DC.
- Kaufmann, R., B. Davidsdottir, S. Garnham et P. Pauly (1998). The Determinants of Atmospheric SO₂ Concentrations: Reconsidering the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics* 25:209-220.
- Keller, W. et A. Levinson (1999). Pollution Abatement Costs and Foreign Direct Investment Inflow to U.S. States. NBER. Working Paper no. 7369, Cambridge, MA.
- Keller, W. et A. Levinson (2002). Pollution Abatement Costs and Foreign Direct Investment Inflow to U.S. States. *The Review of Economics and Statistics* LXXXIV (4): 691-703.
- Koop, G. et L. Tole (1999). Is there an environmental Kuznets curve for deforestation? *Journal of Development Economics* 58: 231-244.
- Kriström, B. et P. Riera (1996). Is the Income Elasticity of Environmental Improvements Less Than One? *Environmental and Resource Economics* 7: 45-55.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review* 49:1-28.
- Lawrence Berkeley National Laboratory (2001). *China Energy Databook*,.5.0, Berkeley , 2001.
- Lawrence Berkeley National Laboratory (2004). *China Energy Databook*,.6.0, Berkeley , 2004.
- Lee, H. et D. Roland-Holst (1997). The Environment and Welfare Implications of Trade and Tax Policy. *Journal of Development Economics* 52, 65-82.
- Lemoine, F. et D. Ünal-Kesenci (2004). Assembly Trade and Technology Transfer: The Case of China. *World Development* 32(5): 829-850.
- Leonard, H. J. (1988). *Pollution and Struggle for The World Product*. Cambridge University Press, 272pp.
- Letchumanan, R. et F. Kodama (2000). Reconciling the conflict between the 'pollution-haven' hypothesis and an emerging trajectory of international technology transfer. *Research Policy* 29: 59-79.
- Levinson, A. (1992). *Environmental Regulations and Manufacturers' location Choices: Evidence from the Census of Manufacturers*. New York, Columbia University.
- Levinson, A. (1996). Environmental Regulation and Manufacturers' Location Choices: Evidence from the Census of Manufacturers. *Journal of Public Economics* 62: 5-29.
- Lindmark, M. (2002). An EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden, 1870-1997. *Ecological Economics* 42:333-347.
- List, J. A. et C. Y. Co (2000). The Effects of Environmental Regulations on Foreign Direct Investment. *Journal of Environmental Economics and Management* 40(1): 1-20.
- List, J.A. and C.Y. Co (2000). The Effect of Environmental Regulations on Foreign Direct Investment. *Journal of Environmental Economics and Management* 40: 1-20.
- List, J.A. et C. A. Gallet (1999). The environmental Kuznets Curve :Dose One Size Fit All ? *Ecological Economics*, 31:409-423.
- Lomborg, B. (2001). *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World..* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lopèz, R. (1992). Dans Patrick Low (ed.), *International Trade and the Environment: An overview*. Discussion Paper 159, Washington, DC: Banque Mondiale. Chapitre 9: 137-155.
- Lopez, R. (1994). The Environment as a Factor of production: The Effects of Economic Growth and Trade Liberalisation. *Journal of Environmental Economics and Management* 27: 163-184.
- Lucas, R. E., B.D. Wheeler, et H. Hettige (1992). Economic Development, Environmental Regulation and the International Migration of Toxic Industrial pollution : 1960-1988. Dans P. Low (Ed). *International Trade and the Environment*, Banque Mondiale, Discussion paper numéro 159, Washington, DC.
- Magnani, E. (2000). The environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution. *Ecological Economics* 32: 431-443.

- Mani, M. et D. Wheeler (1997). In Search of Pollution Havens? Dirty Industries in the World Economy, 1965-1995. Dans *Proceedings of the OECD Conference on Foreign Investment and the Environment 1999*, The Hague, Netherland.
- Matyas, L. et P. Sevestre (1992). *The Econometrics of Panel Data : Handbook of Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, 552pp.
- McConnenell, K. (1997). Income and the Demand for Environmental Quality. *Environmental and Development Economics* 2:383-399.
- McGuire Martin C. (1982). Regulation, Factor Rewards, and International Trade. *Journal of Public Economics* 17:315-354.
- Meadows, D.H., D.L. Meadow, J. Randers, et W. Behrens (1972). *The Limit to Growth*. Universe Books, New York.
- Mensbrugge, D. V., D. Roland-Holst, S. Dessus, et J. Beghin (1998). The interface between growth, trade, pollution and natural resource use in China: evidence from an economy wide model. *Agricultural Economics* 19, 843-860.
- Michaely, M. (1962) . *Concentration in International Trade*. North Holland, Amsterdam.
- Millimet, D. L., J. A. List et T. Stengos (2003), The environmental Kuznets curve: real progress or misspecified models?
- Mill, J.S. (1871). *Principles of Political Economy*, Longman.
- Millimet, D. L., J.A. List et T. Stengos (2003). The Environmental Kuznets curve: Real progress or misspecified models? *Review of Economics and Statistics* 85(4): 1038–1047.
- Ministry of Foreign Economic Relationship and Trade (1984-2001). *Almanac of China's Foreign Economic Relations and Trade*. Beijing, China.
- Moomaw, W. et G. C. Unruh (1997). Are Environmental Kuznets Curves Misleading Us ? The Case of CO₂ Emissions. *Environmental and Development Economics* 2:451-463.
- Munasinghe, M. (1999). Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunnelling through the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics* 19: 89-109.
- Musu, I. (1994). *On Sustainable Endogeneous Growth*. Fondazione Eni Enrico Mattei, Document de Travail, E.E.E numéro 11.94.
- OCDE (2004). *Trends and Recent Developments in Foreign Direct Investment*. June 2004. OCDE, Paris.
- Opschoor, J (Hans). B., Kenneth, Button et Peter Nijkamp (1999). *Environmental Economic and Development. Environmental analysis and Economic Policy*, 5. An Elgar Reference Collection. Cheltenham, UK, Northampton, MA. USA, 619pp.
- Ostro, B. (1996), *A Methodology for Estimating Air Pollution Health Effect*. Technical Report WHO/EHG/96.5, l'Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- Panayotou, T. (1993). *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*. Working Paper WP238 Technology and Employment Programme, Geneva: International Labor Office.
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning A Black Box into a Policy Tool. *Environmental and Development Economics* 2:465-484.
- Panayotou, T. (2003). *Economic development and the Environment*. Working paper, Harvard University and Cyprus International Institute of Management.
- Pearce, D.W. (1993). *Blueprint Three: Measuring Sustainable Development*. London: Earthscan.
- Pearce, D.W. et J. J. Warford (1993). *World without end: economics, environment and sustainable development*. Oxford, UK, Oxford University Press for the World Bank.
- Peng, C., X. Wu, G. Liu, T. Johnson, J. Shah et S. Guttikunda (2001). Urban Air Quality and Public Health in China. *Proceedings of CED 2001 Annual Meeting*, June 27-28, 2001, Xiamen, China.
- Perman, R. et D. Stern (1999). *The Environmental Kuznets Curve : Implication of Non-stationarity*, The Australian National University, CRES, WP. numéro. 9901.
- Perrings, C. (1987) *Economy and Environment: A Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems*. Cambridge University Press: Cambridge, MA.
- Pethig, R., (1976). Pollution, Welfare, and Environmental Policy in the Theory of Comparative Advantage. *Journal of Environmental Economics and Management* 2: 160-169.
- Plassmann F. et N. Knanna (2003). *Assessing the precision of Turning point estimates in polynomial regression functions*. WP. 0213, State University of New York in Binghamton

- Plassmann F. et N. Knanna (2004). *the demand for environmental quality and the environmental Kuznets curve hypothesis*. WP. State University of New York in Binghamton
- PNUD (1995). *Human Development Report 1995*. UN Development Program. Oxford: Oxford Economic Press.
- PNUD (1996). *Human Development Report 1996*. UN Development Program. Oxford: Oxford Economic Press.
- PNUD (1997). *Human Development Report 1997*. UN Development Program. <http://www.undp.org/hdro/97.htm>.
- PNUD (1998a). *World Population projections to 2150*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York: United Nations Publications. <Http://www.undp.org/popin/wdtends/execsum.htm>.
- PNUD (1998b). *Historic World Population Figures*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- PNUD (1999). *Human Development Report 1996*. UN Development Program. Oxford: Oxford Economic Press.
- PNUD (1999). *World Population Prospects: The 1998 vision*. Volume I. Comprehensive Tables; Volume II: Sex and Age. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York: United Nations Publication.
- PNUD (2001). *World Population Prospects: The 2000 Revision*. Annex Tables. <Http://www.un.org/esa/population/wpp2000at.pdf>.
- Porter, M.E. et C. van der Linde (1995). Toward A New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspective*, 9: 97-118.
- Qiang, J. et K. Zhang (1998). China's Desulfurization Potential. *Energy Policy* 26: 345-351.
- Rees, W.E. (1990). The Ecology of Sustainable Development. *The Ecologist* 20(1):18-23.
- Renard, M-F. (1996). La montée en puissance de la Chine dans le commerce mondial : une réussite spectaculaire pour une économie fragile. *Revue d'économie financière* 77 : 43-61.
- Renard, M-F. (1996). Politique économique et pouvoir de négociation dans les économies en transition : le cas de la politique d'ouverture de la Chine, *Revue d'Economie du Développement* 1996(1-2) : 169-184.
- Renard, M-F. (2002). A pessimistic view on the impact of regional inequalities, *China Economic Review* 13(3): 341-344.
- Reveze, R.L. (1992). Rehabilitating Interstate-Competition: Rethinking the "Racing to the Bottom". *New York University Law Review* 67: 1210-1254
- Richter, M. K. (1966). Invariance axioms and economic indexes. *Econometrica* 34: 739-755.
- Roberts, J. T. et P. Grimes (1997). Carbon Intensity and Economic Development 1962-1991 : A Brief Exploration of the Environmental Kuznets Curve. *World Development* 25:191-198.
- Roca, J., E. Padilla, M. Farré et V. Galletto (2001). Economic growth and atmospheric pollution in Spain: Discussion the environmental Kuznets hypothesis. *Ecological Economics* 39: 85-99.
- Rock, M. T. (1996). Pollution Intensity of GDP and Trade Policy: Can the World Bank Be Wrong? *World Development* 24: 471-479.
- Rogrigo, G. C., et E. Thorbecke (1997), Sources of Growth: A Reconsideration and General Equilibrium Application to Indonesia. *World Development* 25(10): 1609-1625.
- Roland-Holst, D. et D. Van der Mensbrugge (2002). *Prototype Specification for a Real Computable General Equilibrium Model of China*, Date of current version: Oct. 21, 2002.
- Ross, L. (1998). China: Environmental Protection, Domestic Policy Trends, Patterns of Participation in Regimes and Compliance With International Norms. *The China Quarterly* 1998(3): 809-835.
- Rothman, D. S. (1998). Environmental Kuznets Curve—Real Progress or Passing the Buck ? A Case For Consumption-Based Approaches. *Ecological Economics* 25:177-194.
- Sadoulet, E. et A. de Janvry (1995). *Quantitative Development Policy Analysis*. The John Hopkins University Press, Paris and Baltimore, 416pp.
- Schubert, K., et P. Zagamé (1998), *L'environnement: Une nouvelle dimension de l'analyse économique*. Paris : Librairie Vulbert, 457pp.
- Schults, T. P., et A. Tansel (1997). Wage and labor supply effects of illness in Côte d'Ivoire and Ghana: instrumental variable estimates for days disabled. *Journal of Development Economics* 53: 251-286.
- Selden T. M. et D. Song (1994). Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emission? *Journal of Environmental Economics and Management* 27: 147-162.
- Selden, T. M., A. S. Forrest et J. E. Lockhart (1999). Analyzing reductions in U.S. air pollution emissions: 1970 to 1990. *Land Economics* 75:1-21.

- Selden, Thomas M. et D. Song (1995). Neoclassical Growth, the J Curve for Abatement, and the Inverted U curve for Pollution. *Journal of Environmental Economics and Management* 29: 162-168.
- SEPA (State Environmental Protection Agency, PRC) (1986-1997), *China Environmental Yearbook*. Beijing: China Statistical Publishing House.
- SEPA (State Environmental Protection Agency, PRC) (1998-2002), *China Environmental Statistic Yearbook*. Beijing.
- Sevestre, P. et A. Trognon (1996), Dynamic Linear Models. Dans L. Matyas and P. Sevestre (eds.) *The Econometrics of Panel Data*, chapitre 7, Kluwer Academic Publishers.
- Shafik N. et Bandyopadhyay (1992). *Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence*, World Bank Policy Research Working Paper, WPS 904, Washington DC: Banque Mondiale.
- Shafik, N. (1994). Economic Development and Environmental Quality: An econometric Analysis. *Oxford Economic Papers* 46: 757-773.
- Shafik, N. (1994). Economic Development and Environmental Quality: An econometric Analysis. *Oxford Economic Papers* 46:757-773.
- Shafik, N. et S. Bandyopadhyay (1992). *Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence*. Background Paper for the World Development Report 1992, The World Bank, Washington DC.
- Shen, L. (1997). *Speech make at the Clean Coal Initiative Conference*, Banque Mondiale.
- Shen, M. et M. Yang (2002). Economic growth vs. environment protection: a survey data report of Chinese urban elites environmental awareness, Ch. 10, Proceeding of "Environment and our sustainability in the 21st Century: Understanding and cooperation between developed and developing countries, University of Nagoya.
- Shukla, V. et K. Parikh (1996). The environmental consequences of urban growth: cross-national perspectives on economic development, air pollution and city size. Ch. 15, pp361-395. Dans Shukla V.(ed) 1996, *Urbanisation and economic growth*, Delhi: Oxford university press
- Sinton, J. E. (2001). Accuracy and reliability of China's energy statistics. *China Economic Review* 12: 373-383.
- Sismondi, J. (1847). *New Principles of Political Economy*. Chapman.
- Smarzynska, B.K., et S-J., Wei (2001). *Pollution Havens and Foreign Direct Investment: Dirty Secret or Popular Myth?* NBER Working Paper, numéro.8465, Cambridge, MA.
- Smith, R. L., J. M. Davis, J. Sacks, P. Speckman et P. Styer (2000). Regression models for air pollution and daily mortality: analysis of data from Birmingham, Alabama. *Environmetrics* 11: 719-743.
- SSB (State Statistical Bureau, PRC) (1984-2004), *China Statistical Yearbook*, Beijing: China Statistical Publishing House.
- SSB (State Statistical Bureau, PRC) (1986-1997), *China Industrial Economics Statistics Yearbook*. Beijing: China Statistical Publishing House.
- SSB (State Statistical Bureau, PRC) (1989-2004). *China Statistical Yearbook*, China Statistical Publishing house, Beijing.
- Stern D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development* 32(8): 1419-1439.
- Stern, D. I. (1996). *Progress on the Environmental Kuznets Curve*. The Australian National University, CRES, WP. numéro. 9601.
- Stern, D. I. (1998). Progress on the environmental Kuznets curve *Environment and Development Economics* 3(2): 173-196.
- Stern, D. I. (2000). Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulphur? *Journal of Environmental Economics and Management* 41:162-178.
- Stern, D., M. S. Common et E. B. Barbier (1996). Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development. *World Development* 24:1151-1160.
- Stern, D.I. and M.S. Common (2001), Is there an environmental Kuznets curve for sulfur? *Journal of Environmental Economics and Management* 41: 162-178.
- Suri, V. et D. Chapman (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics* 25(2): 195-208.
- Taskin, F. et Q. Zaim (2000). Searching for a Kuznets curve in environmental efficiency using kernel estimation. *Economics Letters* 68: 217-223.
- Tisdell, C. (2001). Globalisation and sustainability: environmental Kuznets curve and the WTO. *Ecological Economics* 39: 185-196.

- Tobey, J. A. (1990). The effect of domestic environmental policies on patterns of world trade: An empirical test. *Kyklos* 43: 191-209.
- Törnqvist, L. (1936). The Bank of Finland's Consumption price index. *Bank of Finland Monthly Bulletin*, 10, 168.
- Torras, M. and J. K. Boyce (1998). Income, Inequality and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25:147-160.
- Torvanger, A. (1991). Manufacturing sector carbon dioxide emissions in nine OECD countries, 1973-87 : A Divisia index decomposition to changes in fuel mix, emission coefficients, industry structure, energy intensities and international structure. *Energy Economics* 13(3) :168-186.
- Unruh, G. C. et W. R. Moomaw (1998). An Alternative Analysis of Apparent EKC-Type Transitions. *Ecological Economics* 25:221-229.
- Van der Mensbrugghe, D., Roland-Holst, D., Dessus, S. et Beghin, J. (1998). The Interface Between Growth, Trade, Pollution and Natural Resource Use in Chile: Evidence from an Economy-wide Model. *Agricultural Economics* 19: 87-97.
- Vincent, J. R. (1997). Testing For Environmental Kuznets Curves Within a Developing Country. *Environmental and Development Economics* 2:417-431.
- Vincent, J.R. (2000). Green accounting: from theory to practice. Introduction to the Special Issue. *Environmental and Development Economics* 5(1-2):1-13.
- Wang, H. (1996). Taxation and Environment in China: Practice and Perspectives, in OCDE ed. *Environmental Tax : Recent Development in China and OECD Countries*. OCDE, Paris, ??pp.
- Wang, H. (2000). Pollution Charges, Community Pressure, and Abatement Cost of Industrial Pollution in China. Policy Research Working Paper, Numéro. 2337, Banque Mondiale, Washington, DC.
- Wang, H. (2000). *Pollution Charges, Community Pressure, and Abatement Cost of Industrial Pollution in China*. Policy Research Working Paper, numéro. 2337, Washington, DC: Banque Mondiale.
- Wang, H. et D. Wheeler (1996). *Pricing Industrial Pollution in China: An Econometric Analysis of the Levy System*. Policy Research Working Paper, numéro. 1644, Banque Mondiale, Washington, DC.
- Wang, H. et D. Wheeler (2000). *Endogenous Enforcement and Effectiveness of China's Pollution Levy System*, Policy Research Working Paper, numéro. 2337, Banque Mondiale.
- Wang, J. (2002). Environmental pollution and legal controls during the Opening-up and reform in China: From the point of an Environmental law professor. Chapitre.3 dans *Proceeding of Environment and our sustainability in the 21st Century: Understanding and cooperation between developed and developing countries*, University of Nagoya, Japan.
- Wang, Z. (2002). The Impact of China's WTO accession on Patterns of World Trade. *Journal of Policy Modeling* 25(1): 1-41.
- Wheeler, D. (2001). Racing to the Bottom? Foreign Investment and Air Pollution in Developing Countries. *The Journal of Environment Development*. 2001(10): 225-245.
- Wheeler, D. (2002). *Racing to the Bottom? Foreign Investment Air Pollution in Development Countries*. Washington, DC: Banque Mondiale.
- Wheeler, D. et M. Ashoka (1992). International Investment Location Decision: The Case of U. S. Firms. *Journal of International Economics* 33(1-2): 57-76.
- Wolf, C. (2001). Urban air pollution and health: an ecological study of chronic rhinosinusitis in Cologne, Germany. *Health & Place* 8(2): 129-139.
- Woodridge, J.M. (2002). *Econometric Analysis of Cross-Section and Panel Data*. Cambridge: MIT Press, 740pp.
- World Commission on Environment and Development (WCED, 1987). *Our Common Future*. Oxford and New York: Oxford University Press.
- Worldwatch Institute (1984). *State of the World 1984: A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society (State of the World)*. W W Norton & Co Inc, 272pp.
- Wu, Y. (1999). Productivity and Efficiency in China's Regional Economics. Dans Tsu-Tan Fu et al. (eds), *Economic Efficiency and Productivity Growth in the Asian-Pacific Region*. Edward Elgar Publishing, 351pp.
- Xepapadeas, A. and A. de Zeeuw (1999). Environmental Policy and Competitiveness: The Porter Hypothesis and the Composition of Capital. *Journal of Environmental Economics and Management* 37: 165-182.
- Xie, J. (1996). Humanity and nature: a review of development and environmental degradation of contemporary China. *The Sinosphere Journal*, Autumn, 1996.

- Xing, Y. et C.D. Kolstad (2002). Do Lax Environmental Regulations Attract Foreign Investment? *Environmental and Resource Economics* 22: 1-22.
- Xu, X. et al. (1994). Air Pollution and Daily Mortality in Residential Area of Beijing, China, *Archives of Environmental Health* 49(4): 216-222.
- Xu, X. et L. Wang (1993). Association of Indoor and Outdoor Particulate Level with Chronic Respiratory Illness, *American Review of Respiratory Diseases* 148: 1516-1522.
- Xu, X. et T. Johnson (1997). *Air Pollution and Its Health Effect in Chongqing, China*. Banque Mondiale Report, Washington, DC.
- Xu, X., B. Li and H. Huang (1995). Air pollution and Unscheduled Hospital Outpatient and Emergency Room Visits, *Environmental Health perspectives* 103(3): 286-289.
- Xu, X., J. Gao, D.W. Dockery et Y. Chen (1994). Air Pollution and Daily Mortality in Residential Area of Beijing, China. *Archives of Environmental Health* 49: 216-222.
- Yang, H-Y (2001). Trade Liberalisation and Pollution: A General Equilibrium Analysis of Carbon Dioxide Emissions in Taiwan. *Economic Modelling* 18: 435-454.
- Yang, J. et S. Benkovic (2002). The Feasibility of Using Cap and Trade to Achieve Sulfur Dioxide Reductions in China. *The Sinosphere Journal* 4: 10-14.
- Zarsky, L. (1997). Stuck in the Mud? Nation-States, Globalization and the Environmen', Dans OCDE eds., *Globalization and Environment Study: OECD Economics Division*. Paris, OCDE.
- Zarsky, L. (1999). Havens, halos and Spaghetti: Untangling the Evidence About Foreign Direct Investment and the Environment. Dans *Proceedings of the OECD Conference on Foreign Investment and the Environment 1999.*, The hague, Netherland.
- Zuidema, T. et A. Nentjes (1997). Health Damage of Air Pollution: An examination of a Does-Response Relationship for the Netherlands. *Environmental and Resources Economics* 9: 291-308.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	I
RESUME DE THESE	I
INTRODUCTION.....	1
0.1 Limites de l'analyse économique traditionnelle et de ses extensions et développements depuis les années soixante	1
0.2. D'un nouveau concept d'équité : état de la recherche en économie de l'environnement et présentation.....	4
0.3. Développement soutenable, globalisation et pays en voie de développement	7
0.4. Objet et structure de cette thèse	11
CHAPITRE 1. EVOLUTION DE LA SITUATION ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE EN CHINE DEPUIS LA REFORME	15
1.1. Le succès de la réforme économique en Chine	15
1.2. Evolution des situations environnementales en Chine durant les années de réforme	19
1.2.1 Disparition des terres cultivables et des forêts	20
1.2.2 Détérioration de la qualité de l'air.....	20
1.2.3 Baisse de la qualité de l'eau	22
1.3. Coûts potentiels des pollutions pour l'économie chinoise	22
1.3.1. Coûts de l'environnement liés au processus d'urbanisation	23
1.3.2. Coûts de l'environnement liés aux pollutions aériennes.....	23
1.3.3. Coûts de l'environnement liés à la pollution de l'eau	24
1.3.4. Synthèse sur les coûts de l'environnement liés aux différentes formes de pollutions	24
1.4. Le PIB vert de la Chine	25
PARTIE 1. ENVIRONNEMENT ET CROISSANCE ECONOMIQUE : UNE RE-ESTIMATION DE LA COURBE KUZNETS ENVIRONNEMENTALE POUR LA CHINE.....	27
CHAPITRE 2. L'HYPOTHESE DE LA COURBE KUZNETS ENVIRONNEMENTALE EST-ELLE VALABLE POUR LE CAS CHINOIS ?	29
2.1. Idée et genèse de l'hypothèse de « Courbe Kuznets Environnementale »	29

2.2. Différentes interprétations politiques possibles de l'hypothèse sur la CKE.....	30
2.3. Comparaison des différentes analyses empiriques existant sur la CKE.....	32
2.3.1 Une grande instabilité des résultats basés sur les expériences internationales ...	33
a. Sensibilité de la forme de la CKE selon la période retenue dans l'estimation.....	38
b. Sensibilité de la forme de la CKE au choix des pays de l'échantillon.....	38
c. Sensibilité de la forme de la CKE à la mesure de l'indicateur d'environnement	39
d. Sensibilité de la forme de la CKE aux différentes stratégies économétriques.....	39
e. Autres facteurs pouvant influencer la forme de la CKE.....	40
2.3.2. Faiblesses des analyses actuelles de la CKE.....	41
(1) Incohérence entre les hypothèses théoriques et la réalité.....	41
(2) Faiblesse des hypothèses de la CKE dans les analyses empiriques	46
a. Biais de simultanéité potentiel entre la croissance économique et la pollution	46
b. Confusion entre les différents processus dynamiques des pays et la relation	46
observée en transversal.....	46
c. La libéralisation commerciale défie la caractéristique locale de l'effet négatif	48
de la pollution.....	48
d. La sensibilité de la CKE est-elle liée à une coïncidence historique ?.....	50
e. Explication de l'instabilité de la CKE par les attributs dynamiques du stock de	51
ressources environnementales	51
2.4. Analyses des CKE par pays : les PVD suivent-ils nécessairement la CKE obtenue	52
par l'expérience internationale ?.....	52
2.5. Réexaminer l'hypothèse de la CKE pour le cas des émissions industrielles de SO ₂ en	56
Chine	56
2.5.1 Comparaison de la situation actuelle de la Chine avec celle prévue par les	56
analyses précédentes de la CKE.....	56
2.5.2 Pourquoi choisir les émissions industrielles de SO ₂ en Chine comme indicateur	58
de l'environnemental ?.....	58
2.5.3 Amélioration de la situation de l'émission industrielle de SO ₂ en Chine	59
2.5.4 Analyse empirique : existe-t-il une CKE pour le cas de l'émission industrielle de	61
SO ₂ en Chine ?.....	61
(1) Construction de l'indicateur d'environnement.....	61
(2) Existence de la CKE — Analyse de la forme réduite.....	62
2.6. Conclusion.....	71
CHAPITRE 3 DETERMINANTS STRUCTURELS DE L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂	73
3.1. Explication structurelle de l'existence de la CKE	73
3.1.1. Décomposition de Grossman	74
3.1.2. Illustration graphique de la façon dont les déterminants structurels de l'émission	75
affectent la forme de la CKE.....	75
3.2. Revue de la croissance économique chinoise, de son processus d'industrialisation et	81
de leurs impacts sur les émissions	81
3.2.1. Expansion rapide de l'économie chinoise et de ses secteurs industriels : l'effet	81
d'échelle	81

3.2.2. Changements dans l'industrie : l'effet de composition	83
3.2.3. L'effet de technique dans les industries chinoises	84
a. Renforcement de la conscience du public pour un meilleur environnement ...	84
b. Réglementation et développement institutionnel dans le domaine de la protection de l'environnement	85
c. Résultats des politiques réductrices de pollution	87
3.3. Déterminants économiques de l'intensité de l'émission industrielle de SO ₂ : modèle structurel et décomposition	88
3.3.1. Modèle structurel.....	88
(1) Adaptation de la décomposition de Grossman aux données de panel provinciales	88
(2) Relation entre l'intensité de l'émission industrielle de SO ₂ et le revenu : peut-on utiliser le PIB par tête pour extrapoler l'effet de technique ?	90
(3) Estimation de la fonction structurelle.....	93
3.3.2. Résultats de l'estimation du modèle structurel	94
3.4. Conclusion.....	98
CHAPITRE 4. UNE ANALYSE NON PARAMETRIQUE DE LA DECOMPOSITION DES EFFETS D'ECHELLE, DE COMPOSITION ET DE TECHNIQUE : LA DECOMPOSITION DE L'INDICE DE DIVISIA	99
4.1. Revue de la littérature sur les analyses de décomposition.....	99
4.2. Présentation de la méthode de décomposition de l'indice de Divisia.....	101
4.2.1. Origine de l'indice de Divisia	101
4.2.2. Application de la méthode de décomposition de l'indice de Divisia aux économies d'énergies	103
4.3. Analyse de la décomposition de l'indice de Divisia au niveau des provinces chinoises.....	105
4.3.1. Adaptation de la décomposition originale de l'indice de Divisia aux données chinoises	105
4.3.2. Données et hypothèses	107
4.3.3. Résultats de la décomposition	108
4.3.4. La CKE revisitée : corrélation entre les effets décomposés d'échelle, de composition et de technique et le PIB par tête	113
a. Normalisation de l'indice de variation	113
a. Estimation et discussion	114
4.4. Conclusion.....	120
PARTIE 2. IMPACT DU COMMERCE INTERNATIONAL SUR L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO₂ EN CHINE.....	123
CHAPITRE 5. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU COMMERCE INTERNATIONAL A TRAVERS L'EFFET DE COMPOSITION : LE ROLE DES REGULATIONS SUR LE CAPITAL, LE TRAVAIL ET L'ENVIRONNEMENT	125
5.1. Revue de la littérature sur la relation entre le commerce et l'environnement : une conclusion mitigée.....	125

5.2. Principaux problèmes des analyses faites sur le lien entre commerce et environnement dans les pays en voie de développement.....	130
5.3. Evolution de la spécialisation dans certains secteurs industriels chinois	132
5.4. Modèles d'analyse structurelle : détermination de l'impact du commerce international sur l'environnement à travers l'effet de composition.....	134
5.4.1. Illustration graphique du modèle structurel de Antweiler, Copeland et Taylor (2001) et de Copeland et Taylor (2003)	134
a. Hypothèses générales	134
b. Conditions de production dans les deux régions en situation d'autarcie	135
c. Commerce international et différences de dotations en facteurs.....	137
d. Commerce international, avantage comparatif basé sur les différences de dotations en facteurs et hypothèse du "havre de pollution"	141
5.4.2. Analyse empirique de la relation entre le commerce et l'environnement basée sur le modèle d'Antweiler, Copeland et Taylor (2001) : l'effet de composition.....	146
a. Modèle d'estimation	146
b. Résultats de l'estimation	148
5.5. Conclusion.....	161
Annexe 5.1. Estimation du modèle structurel — Le rôle du commerce sur l'environnement (termes d'interaction du ratio relatif K/L et du revenu par tête relatif avec l'intensité commerciale).....	162
CHAPITRE 6. IMPACT DU COMMERCE INTERNATIONAL SUR L'ENVIRONNEMENT A TRAVERS LES EFFETS D'ECHELLE, DE COMPOSITION ET DE TECHNIQUE : UNE ANALYSE BASEE SUR LA DECOMPOSITION DE DIVISIA	165
6.1. Illustration graphique de l'impact du commerce sur les effets d'échelle et de technique	166
6.2. Impacts de l'ouverture au commerce sur les effets d'échelle, de composition et de technique: une analyse empirique basée sur les résultats de la décomposition de Divisia	172
6.3. Conclusion.....	184
Annexe 6.1. Résultats de l'estimation pour l'effet de composition décomposé sans les effets de temps et la tendance de temps.....	186
Annexe 6.2. Détails de l'indicateur synthétique de composition	188
CHAPITRE 7. IMPACT DU COMMERCE INTERNATIONAL SUR L'ENVIRONNEMENT A TRAVERS LES EFFETS D'ECHELLE, DE COMPOSITION ET DE TECHNIQUE : UNE ANALYSE BASEE SUR UN SYSTEME D'EQUATIONS EN SIMULTANE	189
7.1. Liens entre le commerce et l'émission : le système d'équations en simultanées	189
7.2. Analyse économétrique	196
7.2.1. Choix des données pour certaines variables indépendantes.....	196
7.2.2. Méthode empirique	198
7.2.3. Résultats de l'estimation pour le système d'équations en simultanées.....	200
7.3. Conclusion.....	206

PARTIE 3. SOUTENABILITE DE LA CROISSANCE ECONOMIQUE CHINOISE 209

CHAPITRE 8. COUT ECONOMIQUE DE LA NOUVELLE POLITIQUE CHINOISE DU DIOXYDE DE SOUFRE LORS DE SON ACCESSION GRADUELLE A L'OMC - UNE ANALYSE SYNTHETIQUE BASEE SUR UN MODELE D'EQUILIBRE GENERAL CALCULABLE	211
8.1. Politiques actuelles de lutte contre la pollution en Chine	213
8.2. Spécification du modèle	215
8.3. Scenarii	221
8.4. Analyse du lien entre le commerce et l'environnement.....	223
8.4.1 Evolution de l'économie et de la pollution de 1997 à 2000.....	223
8.4.2. Résultats empiriques des quatre scénarios	228
a. Scénario Business as Usual (BaU)	228
b. Les trois autres scénarios.....	230
8.4.3. Changements dans les prix et la structure de l'économie	231
8.5. Analyse de la décomposition.....	236
8.6. Conclusion et implications politiques	241
Annexe 8.1. Structure de production emboîtée	246
Annexe 8.2. Hypothèses principales sur les élasticités clefs du modèle	247
Annexe 8.3. Tableaux supplémentaires	248
Annexe 8.4. Spécification du modèle.....	251
A. Spécification du modèle	251
B. Variables et paramètres du modèle.....	260
CHAPITRE 9 INDUSTRIALISATION, ENVIRONNEMENT ET SANTE : LES IMPACTS DE L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ SUR LA SANTE PUBLIQUE EN CHINE.....	265
9.1 Revue de la littérature sur la relation entre la pollution de l'air et la santé en Chine	265
9.2. Un modèle théorique de la relation pollution-santé	267
9.3. Détails sur les données.....	271
9.3.1. Les variables dépendantes : la proportion de la population atteinte des maladies chroniques	271
9.3.2. Les variables explicatives.....	271
a. La pollution : la densité annuelle moyenne de l'émission industrielle de SO ₂ ..	271
b. Les autres variables explicatives	272
9.3.3. Les variables de contrôle.....	273
9.4. Estimations de l'impact de l'émission industrielle de SO ₂ sur la situation de la santé	274
9.5. Analyses sur les seuils de l'impact de l'émission industrielle de SO ₂ sur la santé. 277	
9.6. Conclusion.....	279
CONCLUSION	281
RÉFÉRENCES	287

TABLE DES MATIÈRES	299
LISTE DES GRAPHIQUES.....	305
LISTE DES TABLEAUX.....	309
RAPPORT DE SOUTENANCE.....	311

Liste des Graphiques

SCHÉMA 0.1. LE SCHÉMA DES « END-MEANS »	3
SCHEMA 0.2. TENDANCES A LA GLOBALISATION DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT	11
GRAPHIQUE 1.1. EVOLUTION DE CERTAINS INDICATEURS MACROECONOMIQUES EN CHINE.....	17
GRAPHIQUE 1.2. EVOLUTION DES DISPARITES REGIONALES ENTRE LES PROVINCES CHINOISES (1985-2000).....	18
GRAPHIQUE 1.3. VARIATIONS DES INDICES DE CONCENTRATION AMBIANTE DES POLLUANTS AERIENS.....	21
GRAPHIQUE 2.1. MODELE THEORIQUE DE LA FORMATION DE LA CKE.....	42
GRAPHIQUE 2.2 CKE GLOBALE VS. CKE INDIVIDUELLES	48
GRAPHIQUE 2.4. LA COURBE EN FORME DE C INVERSE	51
GRAPHIQUE 2.5 CORRELATION TRANSVERSALE ENTRE L'EMISSION DE SO ₂ PAR TETE ET LE PIB PAR TETE	57
GRAPHIQUE 2.6 EVOLUTION DE L'EMISSION DE SO ₂ DURANT LA PERIODE DES REFORMES	58
GRAPHIQUE 2.7 EVOLUTION DU PIB INDUSTRIEL ET DU SO ₂ INDUSTRIEL EN CHINE.....	60
GRAPHIQUE 2.8 EVOLUTIONS DANS LA DISPARITE REGIONALE DE L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ PAR TETE.....	61
GRAPHIQUE 2.9 ESTIMATION DE LA CKE POUR L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ PAR TETE ET LOCALISATION DES 29 PROVINCES EN 2003.....	64
GRAPHIQUE 2.10 ESTIMATIONS DE LA CKE POUR LA DENSITE D'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂	69
GRAPHIQUE 3.1. DETERMINANTS STRUCTURELS DE LA FORMATION DE LA CKE.....	79
GRAPHIQUE 3.2. IMPACT DES POLITIQUES SUR LA FORMATION DE LA CKE.....	80
GRAPHIQUE 3.3. EVOLUTION DU RATIO DU PIB INDUSTRIEL SUR LE PIB TOTAL.....	81
GRAPHIQUE 3.4. TAUX DE CROISSANCE DU PIB INDUSTRIEL ET DU PIB TOTAL.....	81
GRAPHIQUE 3.5 CORRELATION ENTRE L'EFFET D'ECHELLE ET L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂	82
GRAPHIQUE 3.6. EVOLUTION DU RATIO INDUSTRIE LOURDE SUR INDUSTRIE LEGERE	83
GRAPHIQUE 3.7. EVOLUTION DE LA PROPORTION DES INDUSTRIES POLLUANTES DANS L'INDUSTRIE TOTALE.....	84
GRAPHIQUE 3.8. EVOLUTION DU NOMBRE DE VISITES ET DE LETTRES DE PLAINTES LIEES A LA DEGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT	85
GRAPHIQUE 3.9 EVOLUTION DU NOMBRE D'EMPLOYES DANS LES INSTITUTIONS DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (SOURCE: CHINA STATISTIC YEARBOOK, 1994-2003).....	87
GRAPHIQUE 3.10. EVOLUTION DU RATIO DE REDUCTION DU SO ₂ INDUSTRIEL SUR LE SO ₂ INDUSTRIEL TOTAL	88

GRAPHIQUE 3.11. CORRELATION ENTRE LE PIBPT ET L'INTENSITE D'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂	92
GRAPHIQUE 4.1. RESULTATS DE LA DECOMPOSITION DE DIVISIA	110
GRAPHIQUE 4.2. RESULTATS DE LA DECOMPOSITION AU NIVEAU NATIONAL (1991-2001).....	112
GRAPHIQUE 4.3. DETERMINANTS STRUCTURELS DE LA FORMATION DE LA CKE EN CHINE	117
GRAPHIQUE 4.4. DETERMINANTS STRUCTURELS DE LA FORMATION DE LA CKE EN CHINE	119
GRAPHIQUE 5.1. EVOLUTION DU DEGRE DE SPECIALISATION DE CERTAINES INDUSTRIES	133
GRAPHIQUE 5.2. CONDITIONS DE PRODUCTION EN AUTARCIE	136
GRAPHIQUE 5.3. CHANGEMENT DES CONDITIONS DE PRODUCTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE : L'AVANTAGE COMPARATIF TRADITIONNEL BASE SUR LES DOTATIONS ..	138
GRAPHIQUE 5.3.BIS CHANGEMENT DES CONDITIONS DE PRODUCTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE : L'AVANTAGE COMPARATIF BASE SUR LES DOTATIONS - DECOMPOSITION	140
GRAPHIQUE 5.4. CHANGEMENT DES CONDITIONS DE PRODUCTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE :	141
GRAPHIQUE 5.4.BIS CHANGEMENT DES CONDITIONS DE PRODUCTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE : DECOMPOSITION L'AVANTAGE COMPARATIF BASE SUR LA DOTATION EN FACTEURS DOMINE LE « HAVRE DE POLLUTION »	143
GRAPHIQUE 5.5. CHANGEMENT DES CONDITIONS DE PRODUCTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE :	144
GRAPHIQUE 5.5.BIS CHANGEMENT DES CONDITIONS DE PRODUCTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE : DECOMPOSITION, L'AVANTAGE COMPARATIF BASE SUR LA DOTATION EN FACTEURS DOMINE PAR LE « HAVRE DE POLLUTION »	145
GRAPHIQUE 5.6. RATIO K/L ET PIB PAR TETE DE 29 PROVINCES CHINOISES EN 2003.....	153
GRAPHIQUE 5.7.A. CORRELATION ENTRE ELASTICITES DE L'EMISSION PAR RAPPORT AU COMMERCE SPECIFIQUES ET PIBPT (MODELE (4,FE), TABLEAU 5.1 ET MODEL (5,FE), TABLEAU 5.2).....	157
GRAPHIQUE 5.7.B. CORRELATION ENTRE ELASTICITES DE L'EMISSION PAR RAPPORT AU COMMERCE SPECIFIQUES ET K/L(MODELE (4,FE), TABLEAU 5.1 ET MODEL (5,FE), TABLEAU 5.2).....	158
GRAPHIQUE 5.8. EVOLUTION DE LA RELATION ENTRE L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ ET SES DETERMINANTS (MODELE (4,FE), TABLEAU 5.1 ET MODEL (5,FE), TABLEAU 5.2)	159
GRAPHIQUE 6.1. CHANGEMENT DES CONDITIONS DE PRODUCTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE : L'AVANTAGE COMPARATIF BASE SUR LA DOTATION EN FACTEURS DOMINE LE « HAVRE DE POLLUTION » - LE SUD BENEFICIE DES PROGRES TECHNIQUES DANS LES ACTIVITES DE PRODUCTION ET DE REDUCTION DE LA POLLUTION	167
GRAPHIQUE 6.2. CHANGEMENT DES CONDITIONS DE PRODUCTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE : L'AVANTAGE COMPARATIF BASE SUR LA DOTATION EN FACTEURS EST DOMINE PAR LE « HAVRE DE POLLUTION » - LE SUD BENEFICIE DES PROGRES TECHNIQUES DANS LES ACTIVITES DE PRODUCTION ET DE REDUCTION DE LA POLLUTION	168
GRAPHIQUE 6.3 CHANGEMENT DANS LA PRODUCTION ET LA POLLUTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE (DECOMPOSITION) : L'AC BASE SUR LA DOTATION EN FACTEURS DOMINE LE « HAVRE DE POLLUTION », LE SUD BENEFICIE DES PROGRES TECHNIQUES DANS LES ACTIVITES DE PRODUCTION ET DE REDUCTION DE LA POLLUTION	170
GRAPHIQUE 6.4 CHANGEMENT DANS LA PRODUCTION ET LA POLLUTION SOUS LIBERALISATION COMMERCIALE (DECOMPOSITION) : L'AC BASE SUR LA DOTATION EN FACTEURS EST	

DOMINE PAR LE « HAVRE DE POLLUTION » , LE SUD BENEFICIE DES PROGRES TECHNIQUES DANS LES ACTIVITES DE PRODUCTION ET DE REDUCTION DE LA POLLUTION	172
SCHEMA 7.1 ILLUSTRATION DES DIFFERENTS CANAUX DE TRANSMISSION DU COMMERCE SUR LA POLLUTION	195
SCHEMA 7.2. DIFFERENTS CANAUX DE TRANSMISSION DU COMMERCE SUR LA POLLUTION	205
SCHEMA 7.A. DIFFERENTS CANAUX DE TRANSMISSION DU COMMERCE SUR LA POLLUTION (ANNEXE).....	208
GRAPHIQUE 8.1. CHANGEMENTS DANS LES PRIX DES DIFFERENTES POLITIQUES	232
GRAPHIQUE 8.2. CHANGEMENTS DANS LA PRODUCTION ET DANS L'INTENSITE DE L'EMISSION DE SO ₂ (%)......	233
GRAPHIQUE 8.3. CHANGEMENTS DANS LA STRUCTURE DU COMMERCE (%).....	235

Liste des Tableaux

TABLEAU 0.1. COMPARAISON DE QUELQUES INDICATEURS FONDAMENTAUX ENTRE PAYS DEVELOPPES ET EN VOIE DE DEVELOPPEMENT.....	9
TABLEAU 1.1. AMELIORATIONS CONSIDERABLES DES CONDITIONS DE VIE DE LA POPULATION.....	15
TABLEAU 1.2. COUTS ECONOMIQUES DE LA POLLUTION AERIENNE ET DE L'EAU EN CHINE.....	25
TABLEAU 2.1 ANALYSES ECONOMETRIQUES DE LA CKE BASEES SUR LA POLLUTION AU SO ₂	34
TABLEAU 2.2. STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES DONNEES UTILISEES DANS L'ANALYSE DE LA CKE.	62
TABLEAU 2.3. REGRESSIONS SUR L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ PAR TETE.....	63
TABLEAU 2.4. REGRESSIONS SUR LA DENSITE D'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂	66
TABLEAU 2.5. STATISTIQUES DES PROVINCES POUR LE PIB PAR TETE, LA SURFACE ET LA DENSITE DE L'EMISSION EN 2003.....	67
TABLEAU 2.6. CORRELATION ENTRE LES DENSITES D'EMISSION, LES EMISSIONS PAR TETE ET LES DENSITES DE POPULATION.....	70
TABLEAU 2.7. RÉGRESSIONS DE LA CKE DE FORME RÉDUITE POUR LES ÉMISSIONS INDUSTRIELLES TOTALES DE SO ₂	71
TABLEAU 3.1. RELATION ENTRE LE PIB PAR TETE ET L'INTENSITE D'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂	91
TABLEAU 3.2. MODELE STRUCTUREL ET RESULTATS DE LA DECOMPOSITION (DENSITE DE L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂).....	95
TABLEAU 3.3. MODELE STRUCTUREL ET RESULTATS DE LA DECOMPOSITION (<i>EMISSION INDUSTRIELLE TOTALE DE SO₂</i>).....	97
TABLEAU 4.1. VARIATIONS EN NIVEAU ET EN POURCENTAGE MOYEN ANNUEL DE L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ ET CONTRIBUTIONS DECOMPOSEES DES DETERMINANTS STRUCTURELS	109
TABLEAU 4.2. COMBINAISON DE L'IMPACT DE LA CROISSANCE DU REVENU SUR LA FORMATION DE LA CKE (ESTIMATION BASEE SUR LA DECOMPOSITION DE DIVISIA DES TROIS EFFETS).....	115
TABLEAU 4.3. COMBINAISON DE L'IMPACT DE LA CROISSANCE DU REVENU SUR LA FORMATION DE LA CKE : DISTINCTION ENTRE LES 3 VILLES ET LES 26 PROVINCES.....	116
TABLEAU 5.1 ACT (1998) MODELE STRUCTUREL : LIEN ENTRE COMMERCE ET ENVIRONNEMENT (VARIABLE DEPENDANTE : DENSITE DE L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ , 29 PROVINCES, 1992-2003).....	150
TABLEAU 5.2. ACT (1998) MODELE STRUCTUREL : LIEN ENTRE COMMERCE ET ENVIRONNEMENT (VARIABLE DEPENDANTE : EMISSION TOTALE DE SO ₂ INDUSTRIEL, 29 PROVINCES, 1992-2003).....	151
TABLEAU 5.3. ELASTICITES DE L'ECHELLE, DE LA COMPOSITION, DE LA TECHNIQUE ET DU COMMERCE.....	154
TABLEAU A.5.1.1. MODELE STRUCTUREL ACT (1998) : LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU COMMERCE.....	162
TABLEAU A.5.1.2. MODELE STRUCTUREL ACT (1998) : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU COMMERCE.....	163

TABLEAU 6.1. IMPACT DU COMMERCE INTERNATIONAL SUR L'EFFET D'ECHELLE DECOMPOSE (FORME REDUITE)	175
TABLEAU 6.2. IMPACT DU COMMERCE INTERNATIONAL SUR L'EFFET DE COMPOSITION DECOMPOSE (FORME REDUITE)	176
TABLEAU 6.3. IMPACT DU COMMERCE INTERNATIONAL SUR L'EFFET DE TECHNIQUE DECOMPOSE (FORME REDUITE)	177
TABLEAU 6.4. IMPACT DU COMMERCE SUR L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ — CANAL 1 : ELARGISSEMENT DE L'ECHELLE DE PRODUCTION INDUSTRIELLE.....	178
TABLEAU 6.5. IMPACT DU COMMERCE SUR L'ÉMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ — CANAL 2 : TRANSFORMATION DE LA COMPOSITION INDUSTRIELLE.....	179
TABLEAU 6.6. IMPACT DU COMMERCE SUR L'ÉMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ — CANAL 2 : TRANSFORMATION DE LA COMPOSITION INDUSTRIELLE (NOUVEL INDICATEUR DE COMPOSITION)	180
TABLEAU 6.7. IMPACT DU COMMERCE SUR L'ÉMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ — CANAL 3 : PROGRÈS TECHNIQUE	181
TABLEAU A.6.1. IMPACT DU COMMERCE INTERNATIONAL SUR L'EFFET DE COMPOSITION DECOMPOSE (FORME REDUITE)	186
TABLEAU A.6.2. IMPACT DU COMMERCE SUR L'EMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ — CANAL 2 : TRANSFORMATION DE LA COMPOSITION INDUSTRIELLE.....	187
TABLEAU 7.1. STATISTIQUES DESCRIPTIVES	197
TABLEAU 7.2. RESULTATS DE L'ESTIMATION DU MODELE EN SIMULTANE (GMM POUR SYSTEME EN SIMULTANE, EFFET FIXE, 29 PROVINCES SUR 9 ANNEES, 203 OBSERVATIONS).....	203
TABLEAU 7.3. RESULTATS DE L'ESTIMATION DU MODELE EN SIMULTANE (GMM POUR SYSTEME EN SIMULTANE, EFFET FIXE, 29 PROVINCES SUR 9 ANNEES, 203 OBSERVATIONS).....	204
TABLEAU 8.1. EVOLUTION DU SYSTEME DE TAXATION DE LA POLLUTION AU SO ₂ DANS LES ANNEES 90	214
TABLEAU 8.2. EMISSION DE SO ₂ INDUITE PAR LES ENERGIES.....	216
TABLEAU 8.3. FACTEUR DE CONVERSION ET TAUX D'EMISSION PAR UNITE MONETAIRE D'INTRANT ENERGETIQUE	217
TABLEAU 8.4. SIMULATIONS DE L'EVOLUTION DES VARIABLES EXOGENES.....	222
TABLEAU 8.5. CHANGEMENTS MACROECONOMIQUES.....	225
TABLEAU 8.6. STRUCTURE DE LA PRODUCTION EN 1997 ET EN 2000.....	226
TABLEAU 8.7. STRUCTURE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE EN 1997 ET VARIATION EN 2000 PAR RAPPORT A 1997	227
TABLEAU 8.8. PRINCIPAUX RESULTATS DES SIMULATIONS POUR LE SCENARIO BAU	229
TABLEAU 8.9. DECOMPOSITION DU CHANGEMENT DE L'EMISSION DE SO ₂ (L'ANNEE DE REFERENCE: 1997, LA METHODE DE DIVISIA)	239
TABLEAU 8.10. TEST DE SENSIBILITE (SCENARIO OPEN+DESULFUR)	244
TABLEAU A.8.1. CALENDRIER PREVISIONNEL DE LA REDUCTION DES TARIFS EN CHINE (NIVEAU PAR RAPPORT A 2000)	248
TABLEAU A.8.2. CHANGEMENTS D'INTENSITE DANS L'UTILISATION DES INTRANTS ENERGETIQUES : CHARBON ET PETROLE (VARIATION EN POURCENTAGE ENTRE 2000 ET 2005)	249
TABLEAU 9.1. QUELQUES ÉTUDES SUR LA RELATION ENTRE LA POLLUTION AÉRIENNE ET LA SANTÉ EN CHINE.....	266
TABLEAU 9.2. STATISTIQUES DESCRIPTIVES.....	274
TABLEAU 9.3. IMPACTS DE LA DENSITÉ D'ÉMISSION INDUSTRIELLE DE SO ₂ SUR L'ÉTAT DE SANTÉ PUBLIQUE (DMC)	275
TABLEAU 9.4. ANALYSE DU SEUIL D'IMPACT DU SO ₂ SUR LA SANTÉ (DMC)	278

Rapport de Soutenance

Le jury de thèse est composé de : Professeur Pascale Combes Motel (CERDI, Université d'Auvergne), Professeur Patrick Guillaumont (CERDI, Université d'Auvergne), Professeur Alain de Janvry (Université de Californie à Berkeley), Professeur Jaime de Melo (Université de Genève), Professeur Mary-Françoise Renard (CERDI, Université d'Auvergne) et Docteur Hua Wang (Senior Environmental Economist de la Banque Mondiale à Washington, excusé).

Dans un premier temps la candidate présente l'objectif et les principales conclusions de sa thèse. Celle-ci est composée de trois parties. La première partie vise à vérifier si l'émission de SO₂ suit une courbe de Kuznets environnementale (CKE). Trois méthodes sont ici utilisées. La première repose sur une estimation paramétrique traditionnelle de forme réduite sur données en panel de 29 provinces chinoises de 1991 à 2003. La deuxième se base également sur une estimation économétrique dans laquelle les trois déterminants structurels de l'émission – effet d'échelle, de composition et technique – sont étudiés. La troisième décompose les variations de SO₂ en contributions de ses trois déterminants en employant la décomposition de l'indice de Divisia (Tornqvist) et régresse ensuite ces trois contributions sur le PIB par tête pour re-tester l'hypothèse de CKE d'un point de vue structurel. Les résultats de cette partie montrent que la tendance à la hausse de l'émission dans la plupart des provinces chinoises est due à une croissance économique et à une industrialisation trop rapide par rapport à l'effet réducteur provenant des progrès techniques.

La deuxième partie de cette thèse analyse les impacts du commerce sur l'environnement et ses canaux de transmission. Celle-ci est composée de trois chapitres. Le premier chapitre reprend l'analyse de Antweiler, Copeland et Taylor (2001) pour étudier les impacts du commerce à travers l'effet de composition. Le deuxième chapitre identifie les effets potentiels du commerce à travers les trois déterminants structurels en re-employant les résultats de la décomposition de Tornqvist. Le troisième chapitre construit un système d'équations

simultanées qui permet d'inclure la simultanéité et les interactions potentielles entre les différents déterminants structurels dans les estimations pour offrir une vision plus intégrale de la problématique. Les résultats de cette partie montrent que, en raison de la dotation en travail extrêmement riche de la Chine, l'hypothèse de « havre de pollution » n'a pas d'impact décisif sur l'émission de SO₂. Bien qu'il existe différents canaux de transmission, au total, le commerce ne joue qu'un rôle marginalement négatif sur l'émission.

La troisième partie discute de la soutenabilité de la croissance chinoise face à la très rapide augmentation de ses émissions. Elle se compose de deux chapitres. Le premier présente un modèle d'Equilibre Général Calculable (EGC) pour simuler les variations de pollution issues de l'adhésion de la Chine à l'OMC. La simulation indique que sans une politique de contrôle de pollution plus efficace, la croissance économique chinoise s'avèrera très polluante et que l'accession à l'OMC provoquera à la marge une hausse supplémentaire de pollution. Le dernier chapitre de cette thèse étudie l'effet de « feedback » de l'émission sur la santé publique et décèle un impact significativement négatif de l'émission industrielle de SO₂ sur la santé.

La conclusion générale de cette thèse souligne les périls qui pèsent sur la qualité de l'environnement et sur la soutenabilité de la croissance économique chinoise, mais indique également des possibilités d'amélioration si une politique de contrôle de la pollution plus rigoureuse et un système institutionnel plus efficace sont mis en place.

La parole est ensuite donnée au Professeur **Jaime de Melo** (rapporteur), qui juge cette thèse excellente et très ambitieuse, chacun des huit chapitres substantiels constituant une contribution originale en soi, dont trois ont déjà donné lieu à des publications. Il estime de façon générale le travail effectué comme considérable, que la question posée est intéressante, que les méthodes utilisées sont pertinentes et que l'auteur a fait preuve de connaissance à la fois en économétrie appliquée et en méthode de modélisation. Bien qu'il s'agit d'un même sujet, on pourrait dire, au regard du nombre de chapitre, qu'il y a deux thèses. Il apprécie en particulier certains chapitres qui sont selon lui bien faits et très soignés (Chapitres 2 et 9).

Le rapporteur regrette cependant l'absence d'ordres de grandeurs sur l'émission de SO₂ qui auraient pu être données par de simples analyses de décomposition dans un chapitre introductif avant d'aborder les chapitres plus substantiels. Dans le chapitre 3, il juge l'interprétation de certains résultats insuffisante. Un exemple est donné au chapitre 3, avec

l'explication des résultats contre intuitifs sur le signe de K/L dans le tableau 3.2 (page 95). Pourquoi le ratio K/L serait-il un bon indicateur de l'effet de composition au niveau de l'économie mais pas au niveau de l'industrie où la plupart du SO₂ est émit ? Par ailleurs, le Professeur Jaime de Melo trouve bonne l'idée de faire la décomposition de Tornqvist pour voir les évolutions des trois effets dans chaque province et regrette que le manque de données au niveau provincial sur l'intensité d'émission ne permette pas une décomposition plus complète. Il soupçonne que l'effet de composition obtenu par cette analyse soit ainsi sous-estimé. Pour le chapitre 5, il apprécie la tentative de capter le contraste des forces entre les effets d'avantage comparatif et de « havre de pollution » par des termes d'interaction et la décomposition des effets par une analyse graphique. Il regrette toutefois que l'auteur n'ait pas pu inclure dans son analyse économétrique le commerce inter-provincial et que les discussions sur l'endogénéité et la mesure du degré d'ouverture soient absentes. Il trouve l'idée d'utiliser le modèle de de Melo et Robinson (dMR, 1990) pour justifier l'hypothèse de Porter dans le chapitre 6 assez intéressante et originale, il regrette néanmoins le manque de discussion sur la robustesse des résultats d'estimations. Une critique est faite au système d'équations simultanées du chapitre 7 avec le problème d'endogénéité potentiel de l'exportation et de l'importation par rapport aux autres variables économiques du système, surtout si on considère le modèle du point de vue d'un modèle d'équilibre générale. Il félicite l'auteur pour ses énormes efforts donnés au modèle d'Equilibre Générale Calculable (EGC) du chapitre 8, qui prend parfois beaucoup de temps et de travail. Il considère pourtant que cela n'est pas nécessaire de construire un modèle détaillé de 55 secteurs car la majorité de la pollution provient de 4 ou 5 secteurs industriels. Il propose plutôt de partir directement du modèle de Copeland et Taylor, d'y rajouter le modèle de dMR et de l'appliquer dans une SAM plus agrégée pour voir comment les variations des hypothèses du modèle font changer les résultats des simulations.

Jie He justifie d'abord la critique de Jaime de Melo sur les interprétations rapides du signe contre intuitif du ratio K/L. En régressant les données nationales de l'émission sur les trois déterminants structurels, elle trouve toujours un signe négatif de K/L pour l'émission. Elle indique aussi l'existence d'autres études qui trouvent les même résultats (ex. Dinda, 2000). Elle soupçonne que l'intention de Copeland et Taylor d'utiliser le ratio K/L pour mesurer l'effet de composition dans leur modèle a pour but de faciliter le lien entre la mesure de la composition et la mesure de l'avantage comparatif, ce qui n'est pas vraiment basé sur des analyses empiriques rigoureuses. Elle justifie aussi le commentaire du Professeur de Melo

sur la sous-estimation de l'effet de composition. Elle ne croit cependant pas que cette tendance de sous-estimation affectera beaucoup les résultats car il existe d'autres analyses sur le sujet qui, en utilisant différentes méthodes (ex. Fisher-Vanden et al. 2000) trouvent également un effet de composition relativement faible pour le cas de la Chine. La candidate explique l'absence de discussion sur le commerce inter-provincial dans le chapitre 5 par le manque de données. Pour la critique du chapitre 7, Jie He souligne que l'idée initiale de ce modèle est de tout simplement voir comment l'émission de SO₂ varie avec la variation des exportations et des importations, et qu'elle a déjà fait attention au problème de l'endogénéité en choisissant soigneusement les mesures des variables du modèle. Elle indique que le modèle en EGC du chapitre 8 est issu d'un projet de recherche qui a une orientation politique très forte, avec pour objectif de simuler le fonctionnement de l'économie chinoise avec le plus de détails possibles pour que les suggestions politiques obtenues des simulations soit les plus réelles et les convaincantes possibles. Cependant, elle retravaillera volontiers cette partie en suivant les conseils du Professeur Jaime de Melo.

Les commentaires de **Hua Wang** (deuxième rapporteur, excusé) sont lus par le Professeur Patrick Guillaumont. Hua Wang trouve que cette thèse est impressionnante, qu'elle démontre une profonde connaissance de l'auteur sur la situation actuelle de l'environnement et de l'économie en Chine. Il apprécie la remarquable capacité de la candidate en analyse quantitative et trouve aussi que les résultats de la thèse sont plausibles dans le contexte chinois.

Il regrette que certaines contributions théoriques et méthodologiques réalisées dans cette thèse pour la question posée n'aient pas pu être bien résumées et discutées. Il juge qu'il aurait été souhaitable d'inclure des variables de politiques environnementales dans les estimations de l'émission de SO₂, bien que celles-ci puissent être endogènes et corrélées à l'industrialisation et au commerce international. Il propose également de rajouter un chapitre supplémentaire pour discuter des suggestions politiques que le gouvernement chinois pourrait tirer de cette thèse ainsi les principales contributions et limites de cette thèse.

En résumant ?? ses observations, la candidate résume tout d'abord les points innovants de cette thèse :

Cette thèse est très probablement le premier travail empirique qui utilise la densité d'émission de SO₂ comme indicateur d'environnement pour mesurer à la fois la qualité de l'environnement et le volume total d'émission.

L'idée d'utiliser les dérivées des impacts environnementaux des trois déterminants structurels par rapport au PIB par tête pour retracer la formation de la CKE (cf. graphique 3.1 et estimation du chapitre 4) est aussi à la connaissance de l'auteur une première d'un point de vue structurel.

Comme cela est mentionné dans le rapport du Professeur Jaime de Melo, la tentative de capter le contraste des forces entre l'avantage comparatif et le « havre de pollution » par des termes d'interaction dans une analyse graphique (cf. Graphique 5.8) mérite aussi d'être souligné par son originalité.

Le chapitre 7 (système d'équations simultanées) est sans doute celui qui contient le plus d'innovations d'un point de vue méthodologique. Hormis qu'il s'agit de la première tentative visant à analyser les différents canaux de transmission des impacts du commerce sur l'environnement d'une façon aussi minutieuse, c'est aussi le premier papier à trouver une approche intermédiaire pour combiner l'estimateur de GMM dynamique en système de Blundell et Bond (1995) avec l'estimateur traditionnel de GMM pour systèmes d'équations.

Certaines originalités peuvent aussi être observées dans la modélisation de l'EGC (les coefficients d'émission de SO₂ sont directement estimés des données chinoises) et au chapitre 9 avec le processus dynamique de l'impact de l'émission sur la santé avec la croissance économique.

La principale limite de cette thèse est qu'elle se concentre uniquement sur le cas du SO₂ et du secteur productif.

La candidate, ne pense cependant pas que l'inclusion de variables de politique environnementale soit très utile pour son analyse, car son point de départ est de voir comment les caractéristiques du côté de l'offre (les activités de production) affectent le niveau de pollution. Cela est dû au fait qu'une augmentation de la demande pour un meilleur environnement sous la forme d'un renforcement des politiques de contrôle de la pollution, n'aboutira pas nécessairement à une amélioration de l'environnement. Ceci est surtout probable pour le cas de l'émission de SO₂ en Chine. En effet, le système actuel de contrôle de la pollution demande en Chine aux pollueurs de payer uniquement pour la partie de l'émission qui dépasse les seuils fixés par les autorités. En outre, Hua Wang (1996) a aussi indiqué que cette taxe sur l'émission est trop faible pour encourager les pollueurs à réduire leur pollution.

Dans un autre papier de Wang avec David Wheeler pour le livre « Greening Industry », ils indiquent également que bien que la Chine ait une politique formelle de contrôle de la pollution qui soit relativement peu efficace, l'intervention informelle des résidents agit de façon significative sur la réduction de la pollution, et que cet impact est totalement absent des mesures de politique. C'est pour cela que la candidate a décidé de se tourner du côté de la demande et de se concentrer tout simplement sur l'offre pour voir quels sont les canaux potentiels à travers lesquels les chinois peuvent réduire le niveau de pollution.

Le Professeur **Pascale Combes Motel**, suffragante, donne une appréciation positive sur le travail de cette thèse. Elle trouve que ce travail démontre une grande capacité d'investigation et d'analyse de la part de la candidate, à la fois en économétrie et en modélisation. Elle apprécie aussi que la candidate puisse explorer différentes facettes du développement durable (l'environnement et la santé) et que la candidate ait une connaissance approfondie du sujet. Elle trouve que la revue de la littérature sur la Courbe de Kuznets Environnementale est particulièrement bien faite (cf. Tableau 2.1). Elle considère aussi que l'auteur a considérablement travaillé pour obtenir des résultats aussi riches pour le sujet traité.

Elle aurait cependant espéré voir une présentation des résultats économétriques plus synthétique et regrette que certains résultats des différents chapitres ne soient pas mieux mis en relation (chapitre 5 et 7) et discutés de manière plus approfondie. Elle considère qu'il aurait été plus intéressant de distinguer les impacts environnementaux issus de l'ouverture naturelle et des politiques d'ouverture de chaque province chinoise avec le reste du monde, mais elle admet aussi que la faisabilité de cette suggestion est liée aux données qui sont parfois indisponibles en Chine. Elle manifeste aussi des doutes sur les statistiques chinoises de l'émission de SO₂. Si cette dernière est calculée de façon indirecte à partir de données de consommation d'énergie, l'hypothèse de la CKE ne pourrait pas être testée par cette série de données car la causalité entre l'émission et la croissance économique pourrait être inversée. Elle suggère également à la candidate de reprendre le modèle de Solow-vert de Brock et Taylor (2004) pour une meilleure explication du fondement théorique de la CKE et de l'instabilité de sa forme. Elle s'interroge finalement sur la validité de la démarche traditionnelle pour déterminer l'effet de seuil dans le chapitre 9 et propose d'employer d'autres méthodes.

La candidate accepte ces conseils et reconnaît volontiers que certaines parties de l'analyse gagneraient à être affinées. Elle partage l'avis du Professeur Combes Motel sur le fait que le calcul des statistiques de l'émission pourrait affecter les résultats de l'estimation de la CKE en forme réduite, et explique que cela est exactement la raison pour laquelle elle est allée plus loin dans l'investigation de cette hypothèse à partir de chapitre 3 et a décidé de simuler l'émission de SO₂ dans le chapitre 8 à partir des consommations d'énergie. Elle remercie également le Professeur pour son conseil de reprendre le modèle de Taylor (2004), ce qui pourrait aboutir à un nouveau papier après la thèse.

Le Professeur **Mary-Françoise Renard** (présidente de jury) félicite la candidate pour cet énorme travail qui porte sur un sujet très intéressant. Elle apprécie la variété des réflexions qui sont faites dans cette thèse, mais regrette l'absence d'une introduction plus détaillée avec des présentations statistiques sur l'émission, le processus d'industrialisation, la politique de contrôle de pollution, les évolutions des réglementations environnementales et le commerce, qui aurait pu renforcer les commentaires des résultats des différents chapitres. Elle regrette également que la présentation des disparités entre les provinces sur l'industrialisation ou du commerce n'ait pas été davantage reliée au sujet et n'ait pas plus traité. Elle trouve que le chapitre 9 est en dehors du sujet et que la candidate n'a pas suffisamment argumenté l'hypothèse du chapitre 7 qui suppose que le gouvernement chinois utilise les importations comme outil de support aux industries lourdes stratégiques dans le processus d'industrialisation. De plus, il manque une discussion sur l'effet des réglementations sur la localisation des firmes étrangères et la recherche éventuelle d'un havre de pollution, ainsi qu'une présentation de leur répartition spatiale, notamment en raison de leur rôle dans le commerce international. Elle pense que le PIB industriel de certaines provinces est sur-évalué car la structure des prix en Chine est contrôlée et que les prix des secteurs industriels sont présumés plus élevés par rapport aux prix des secteurs agricoles.

La candidate est d'accord qu'il manque des discussion sur la validité de l'hypothèse du chapitre 7 et que c'est une bonne idée de discuter la différence potentiel du PIB industriel à partir du point de vue de la différence entre les prix industriels et agricoles. Bien que la candidate ait déjà fait un papier sur la relation entre IDE et l'émission, elle croit que cela sera intéressant de ré-examiner la relation entre la pollution et l'ouverture en incluant le commerce et l'IDE en le même temps dans la discussion.

Le Professeur **Alain de Janvry** (Co-directeur de thèse) félicite tout d'abord la candidate pour son travail sur un sujet qu'il trouve fondamental. De même, il considère comme excellente l'idée de présenter différentes approches qui se consolident et donnent des résultats cohérents et proches de la réalité. Il trouve cependant dommage que la candidate n'ait pas donné plus de priorité à certains chapitres qui sont mieux travaillés que d'autres (ex. quelques papiers déjà publiés) et qu'il manque une discussion sur l'émission de SO₂ au début de la thèse. Il suggère également que les résultats paramétriques – dont la forme de la courbe – sont probablement forcés par la forme fonctionnelle d'estimation et propose à la candidate de tenter une approche non-paramétrique ultérieurement. Pour la partie commerce-environnement, il propose à la candidate d'enrichir son analyse en regardant comment le rôle du commerce sur la composition et la structure industrielle varie dans le temps. Il trouve que la partie sur l'analyse en EGC nécessaire et de bonne qualité car elle permet à la candidate de bien capter les interactions entre les différents facteurs économiques et de finalement inclure la probabilité de substitution des énergies dans l'analyse. Toutefois, il trouve dommage que la candidate n'ait pas bien exploité son modèle en EGC pour sa conclusion générale, ce qui aurait donné plus d'importance à l'efficacité des institutions et du système de marché dans la stratégie d'un développement soutenable en Chine. Il propose aussi de générer et d'utiliser les données manquantes sur l'émission de chaque secteur de chaque province, ce qui pourrait par la suite rendre plus convaincants les résultats de certains chapitres de la thèse. En résumé, il croit c'est un travail d'une grande importance et que la candidate a su faire preuve d'une très forte capacité technique. Il propose par conséquent à la candidate d'améliorer certains chapitres pour en tirer des papiers convaincants et publiables dans de grandes revues internationales.

La soutenance se termine par l'intervention du Professeur **Patrick Guillaumont** (Directeur de thèse). Il exprime son grand plaisir et sa satisfaction de voir la candidate soutenir sa thèse. Il félicite la candidate pour son talent, son grande énergie et sa productivité. Il a fortement apprécié l'ensemble des qualités intellectuelles et humaines de la candidate, sa parfaite intégration au CERDI et sa participation à la vie du centre. Sur la thèse elle-même, il trouve que c'est un travail extraordinairement riche sur un important sujet d'actualité, qui est traité avec une très bonne maîtrise des instruments techniques variés et qui fait plus exceptionnellement, il existe en deux versions (Français/Anglais). Il l'invite enfin à tirer profit de cette soutenance pour décanter son travail et accroître le nombre de ses publications.

Après délibération, le jury confère à Jie He le grade de docteur ès sciences économiques avec la mention très honorable avec les félicitations du jury.

Membres de jury :

M. Patrick GUILLAUMONT (Directeur de thèse)
Professeur à l'Université d'Auvergne Clermont 1,
CERDI

M. Alain de JANVRY (Co-directeur de thèse)
Professeur à l'Université de Californie à Berkeley

M. Jaime de MELO (Rapporteur)
Professeur à l'Université de Genève

M. Hua WANG (Rapporteur)
Senior Environmental Economist de la Banque Mondiale, US

Mme Pascale COMBES MOTEL (Suffragante)
Professeur à l'Université d'Auvergne Clermont 1,
CERDI

Mme Mary-Françoise RENARD (Présidente de jury)
Professeur à l'Université d'Auvergne Clermont 1, CERDI-
IDREC