



Groupe de Recherche en Économie et Développement International

Cahier de recherche / Working Paper  
09-10

LA CHINE ET LE CONTRÔLE DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> :  
ANALYSE EN EQUILIBRE GENERAL CALCULABLE

Nicolas Drouin-Deziel

Jie He

Luc Savard



UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

# LA CHINE ET LE CONTRÔLE DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> :

## ANALYSE EN ÉQUILIBRE GÉNÉRAL CALCULABLE

Nicolas DROUIN DÉZIEL<sup>1</sup>, Jie HE<sup>2</sup>, et Luc SAVARD<sup>3</sup>

Mai 2009

### Résumé

L'estimation des coûts liés à l'imposition de limites aux émissions de gaz à effet de serre (GES) a fait l'objet de beaucoup d'attention médiatique dernièrement. La Chine étant un des plus grands émetteurs de GES, l'évaluation des coûts pour l'économie chinoise est donc primordiale. Dans ce travail, nous évaluons le coût de l'imposition d'une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> à l'aide d'un modèle d'équilibre général calculable de l'économie chinoise. Le modèle permet la substitution des intrants énergétiques. L'intrant énergie est décomposé en quatre sources à savoir l'électricité, le pétrole, le charbon et le gaz. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont directement liées à la consommation des combustibles fossiles. Le cadre chinois est particulier par son utilisation intensive du charbon comme source d'énergie. La question est évaluée à travers des taxes sur les émissions de CO<sub>2</sub>. La taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> permettrait d'abaisser les émissions chinoises totales de 5,2%, l'objectif général de réduction des émissions du Protocole de Kyoto. Nous analysons aussi un choc sur les prix mondiaux du pétrole ainsi qu'une combinaison de ces deux chocs. Les possibilités de substitution particulières au contexte chinois permettraient de réduire les émissions à relativement peu de coûts.

Keywords: China, Global warming, environmental tax, CGE modeling,

JEL: Q53, D58, Q54, Q58

---

<sup>1</sup> Étudiant, GREDI Faculté d'administration, Université de Sherbrooke : [n.deziel@usherbrooke.ca](mailto:n.deziel@usherbrooke.ca)

<sup>2</sup> Professeur adjoint, GREDI, Université de Sherbrooke : [jie.he@usherbrooke.ca](mailto:jie.he@usherbrooke.ca).

<sup>3</sup> Professeur agrégé, GREDI, Université de Sherbrooke : [luc.savard@usherbrooke.ca](mailto:luc.savard@usherbrooke.ca).

## ***1. Introduction***

Devant la croissance fulgurante de l'économie chinoise ces dernières années, l'ensemble de la communauté internationale reconnaît que la Chine constitue l'un des prochains géants de l'économie mondiale. Si la Chine devient l'un des principaux producteurs, elle deviendra aussi l'un des principaux pays émetteurs de gaz à effet de serre (GES). Selon différentes sources, la Chine serait très bientôt le plus grand émetteur mondial de GES, devant les États-Unis. Ainsi, pour en arriver à une réduction substantielle des émissions mondiales, il est absolument essentiel de tenir compte du contexte chinois. Connaître les coûts pouvant résulter d'une réduction des émissions chinoises est donc crucial. Les modèles d'équilibre général calculable (MEGC) permettent de bien modéliser l'ensemble des liens d'une économie, et ainsi de tenir compte des effets de rétroaction qui peuvent s'avérer non négligeables.

Dans ce travail nous utilisons un MEGC comprenant 55 branches de production, 55 produits et une structure de production permettant la substitution des intrants. Les émissions de GES sont associées à la quantité consommée de chacun des combustibles fossiles. Ce modèle est utilisé pour établir le coût sur l'économie chinoise d'une taxe sur les émissions des GES imposée aux secteurs taxables. L'approvisionnement énergétique chinois étant très axé sur l'utilisation du charbon, le plus polluant des combustibles fossiles, on utilise également le MEGC pour établir les effets qu'aurait une augmentation des prix mondiaux du pétrole sur l'économie chinoise, ainsi qu'une combinaison des deux chocs.

## 2. La Chine et son contexte particulier

La Chine est le quatrième plus grand pays de la planète. Le territoire chinois est marqué par de grandes différences géographiques : Si la moitié orientale est plutôt fertile, la moitié occidentale est plutôt marquée par la présence de montagnes et de déserts. Entre autre l'Everest, plus haute montagne du monde, et le désert de Gobi, en Mongolie intérieure. Ce fameux désert, l'un des plus grands du monde, prend de l'ampleur d'année en année. On estime que 40% du territoire serait situé au dessus de 2000m d'altitude. La moitié occidentale est marquée par la faiblesse des précipitations. Le réchauffement climatique et la fonte des glaciers de l'Himalaya, ou naissent de nombreux cours d'eau coulant en Chine, font craindre le pire pour l'approvisionnement en eau de la population. Les régions intérieures sont plus isolées et rurales alors que les régions côtières sont plus urbanisées et développées. Le développement des régions chinoises s'étend vers l'intérieur des terres d'années en années. Les inégalités entre riches et pauvres sont cependant importantes.

Tableau 1

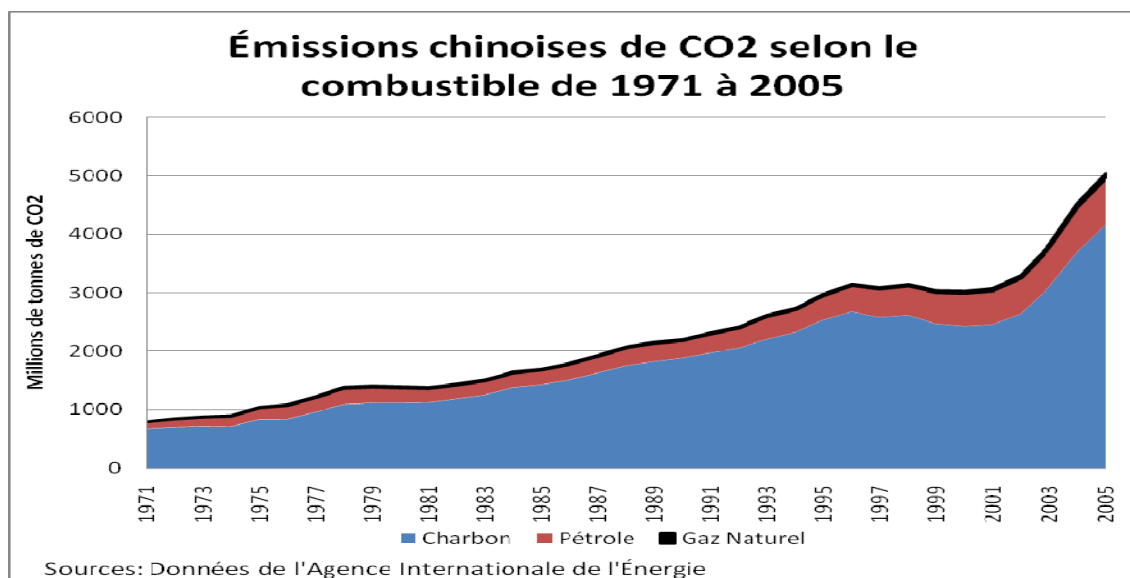
	<b>La Chine en 1997</b>	<b>La Chine en 2005</b>
Population totale	1 215 797 000	1 290 249 000
Main d'œuvre totale	724 017 200	782 781 600
Main d'œuvre agricole	508 394 000	509 215 000
Taux d'évolution naturelle par 1000 habitants	9,27	6,956
Espérance de vie à la naissance (années)	69,7	71,487
Taux de croissance du PIB réel	9,3%	10,4%
Investissements directs étrangers (entrants en Chine) (millions \$ US)	44 237	79 126,7
Investissements effectués à l'extérieur du pays (millions \$ US)	-2 563	-11 305,7
Solde du compte financier (balance des paiements) (millions \$ US)	-14 820,2	-148 480
Réserves internationales moins l'or (millions \$ US)	142 762,8	821 514,4

Source : UNCTAD handbook of statistics 2008<sup>4</sup>

<sup>4</sup> <http://www.unctad.org/Templates/webflyer.asp?docid=10193&intItemID=1397&lang=1>

La Chine représente un géant par la taille de sa population de 1,3 milliards d'individus, mais également par sa capacité de production. Près de 800 millions de travailleurs offrent leur travail dans le pays. La longue transition du communisme vers le capitalisme s'est accompagnée dans les dernières années d'un taux de croissance du PIB d'environ 10%. Les données de l'année 2005 montrent un surplus important du compte courant. Le solde du compte financier de la balance des paiements provient essentiellement de la hausse des réserves internationales chinoises.

Le contexte énergétique chinois est très particulier en ce sens que l'approvisionnement énergétique chinois est assuré en grande partie par le charbon, le plus polluant des combustibles fossiles. Les émissions chinoises de CO<sub>2</sub> provenant de combustibles, sont en grande partie dues au charbon. En effet, en 2005, le charbon était responsable de 82,45% des émissions provenant des combustibles en Chine, selon les données de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Viennent ensuite le pétrole responsable de 15,86% des émissions et le gaz naturel responsable de 1,69% de ce type d'émissions chinoises. Contrairement à la situation nord-américaine, le transport n'est pas une source importante d'émissions de dioxyde de carbone. En effet, il serait responsable de seulement 6,5% des émissions de CO<sub>2</sub> des combustibles en 2005. Cependant, avec le développement économique chinois et l'essor de son industrie automobile, il est probable que ce secteur prenne de plus en plus de place dans les émissions de GES.



La production électrique est majoritairement réalisée par des centrales au charbon. Bien que quelques centrales hydroélectriques aient été réalisées dans les dernières années et que quelques centrales nucléaires soient prévues, Le charbon demeurera une source stable et facilement accessible d'énergie en Chine. Le Chine possède une part importante des réserves de charbon de la planète. En effet, 11,1% des réserves mondiales seraient situées sur le territoire chinois<sup>5</sup>. La production chinoise comptait pour 34% de la production mondiale de charbon en 1998<sup>6</sup>. La production de charbon est concentrée dans la région Nord-est de la Chine, à proximité de la capitale, Beijing. Le Sud-ouest du pays regorge également de charbon et c'est là une source importante de pollution.

### Principaux champs de charbon en Chine<sup>7</sup>



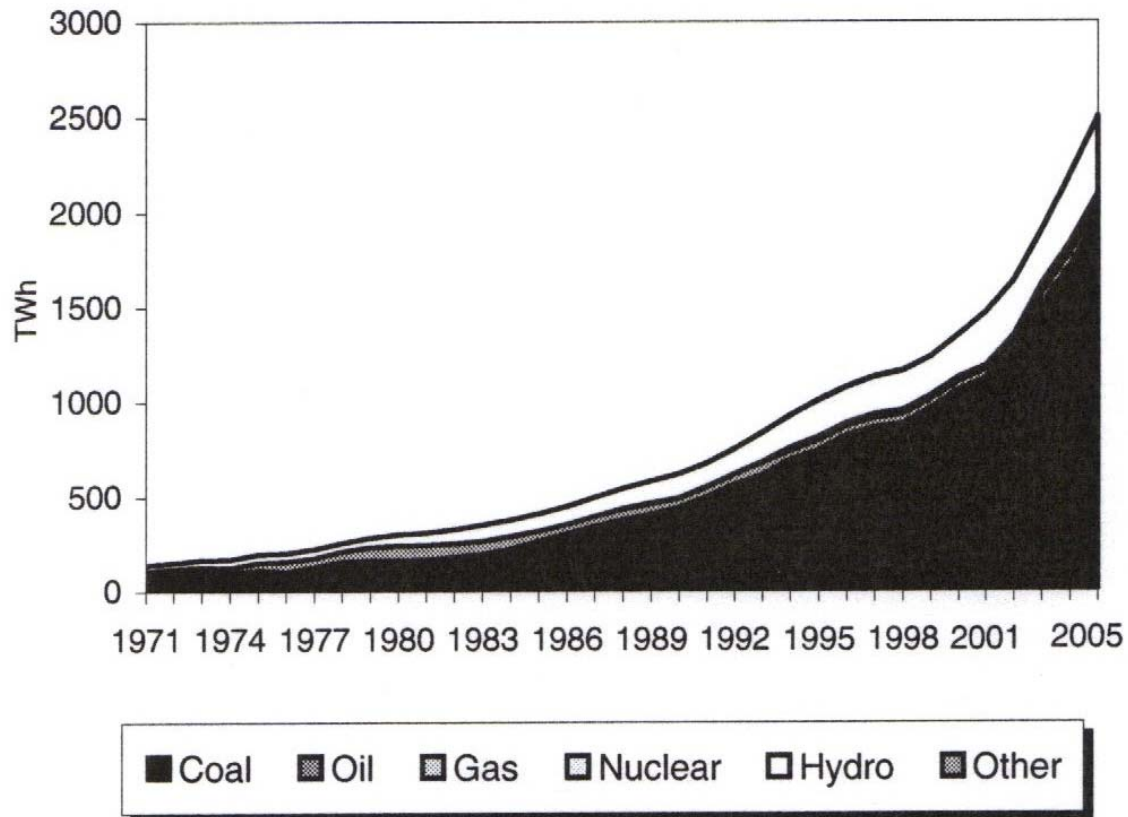
<sup>5</sup> International Energy Agency, « Coal in the energy supply of China », 1999

<sup>6</sup> idem

<sup>7</sup> Figure 5, tirée du rapport: « Coal in the energy supply of China », International Energy Agency, 1999.

La production électrique et la production manufacturière industrielle et construction sont les deux secteurs responsables de la majorité des émissions de CO<sub>2</sub> en Chine<sup>8</sup>.

### Génération d'électricité en Chine, selon le combustible, de 1971 à 2005



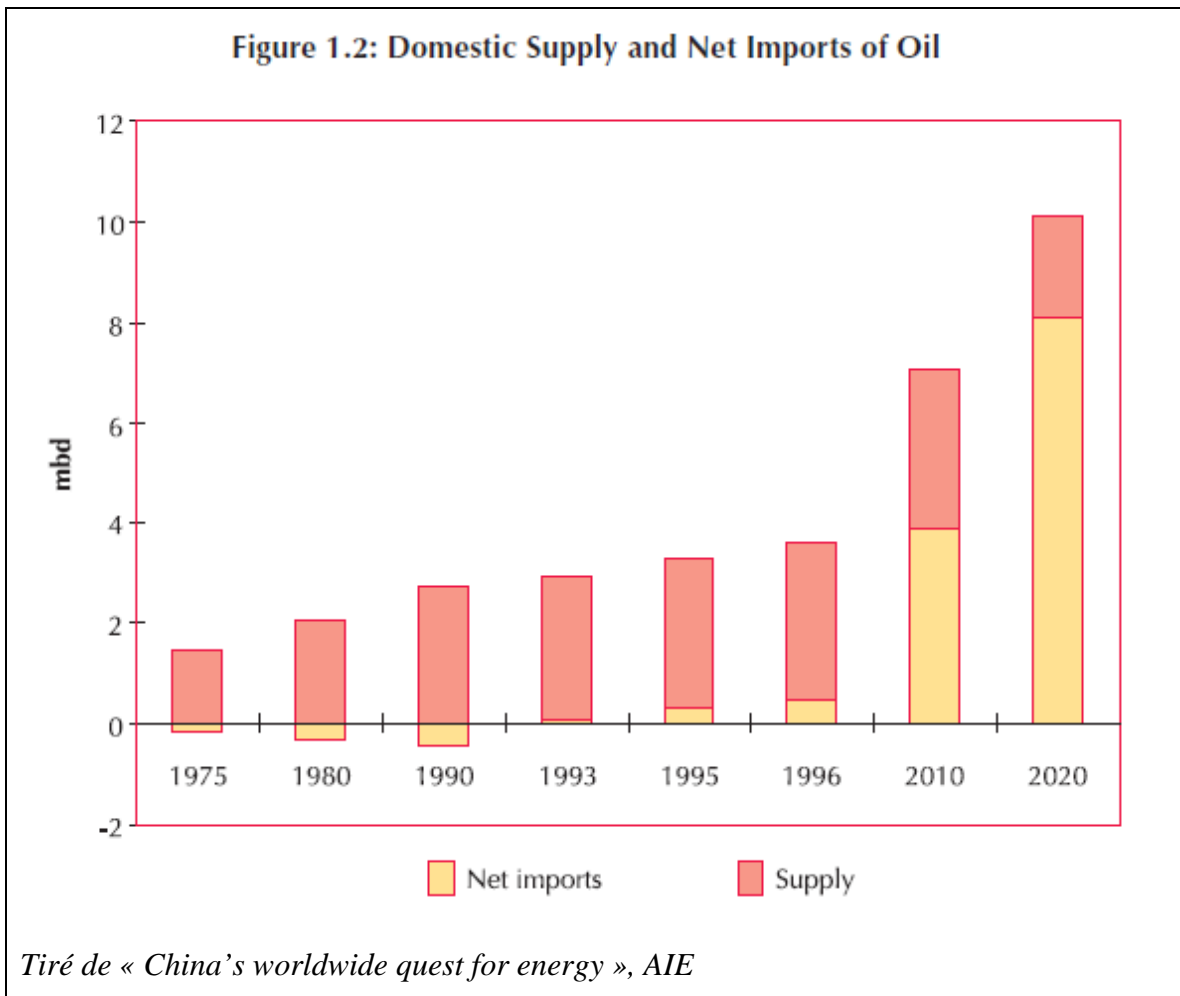
Tiré du rapport « CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion (2007 edition) » de l'IEA<sup>9</sup>

Cependant, la hausse de l'utilisation du charbon n'a pas suffi à empêcher la demande chinoise de pétrole d'exploser. Ainsi, la demande additionnelle en provenance de la Chine est venue augmenter la demande mondiale de pétrole, source de la hausse du prix du pétrole dans les années 2000. Avant 1993, la Chine était exportatrice nette de pétrole.

<sup>8</sup> International Energy Agency, « CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion (2007 Edition) »

<sup>9</sup> International Energy Agency, « CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion (2007 Edition) »

Depuis ce temps, la Chine augmente d'année en année ses importations de pétrole en provenance de l'extérieur du pays.



### 3. Le modèle

Le modèle d'origine est le modèle développé par He (2004) dans le but d'analyser la situation des émissions de  $SO_2$  en Chine. Le modèle est largement inspiré du travail de Roland-Host et Van der Mensbrugge (2002) et s'appuie sur la matrice de comptabilité sociale (MCS) de la Chine provient du même travail (Roland-Host et Van der Mensbrugge (2002)) où ils utilisent les données de l'année 1997.

. La structure de production a été modifiée dans le but d'évaluer l'effet d'une modification des élasticités de substitution entre les intrants. Les taxes sur les émissions



de CO<sub>2</sub> sont intégrées au modèle en modifiant la demande intermédiaire des producteurs et en s'ajoutant au revenu du gouvernement. À cause de certaines limitations en termes de données, le modèle comprend un seul ménage représentatif et une seule entreprise représentative.

Dans le modèle, la production totale d'une branche (XP) est déterminée par un système de production à 7 niveaux : D'abord, la production est composée de proportion fixe de consommation intermédiaire (ND) et de valeur ajoutée (KLET). Par la suite, la composition de la valeur ajoutée est déterminée par une relation de type élasticité de substitution constante (ESC) entre la terre (T), les ressources naturelles (NR) et l'ensemble capital-travail-énergie (KLE). La composition de cet ensemble est déterminée ensuite par une fonction ESC entre le travail et l'ensemble capital-énergie (KE). Une ESC détermine ensuite la proportion de capital (K) et d'énergie (FE) dans l'ensemble. Tous les niveaux suivants utilisent la fonction ESC. L'énergie est décomposée en électricité (ELY) et en combustibles fossiles (FUEL). L'ensemble combustibles fossiles est composé de pétrole (OIL) et de l'ensemble combustibles calorifiques (HEAT), composé de charbon (COAL) et de gaz naturel (GAS). Cette spécification permet d'utiliser des élasticités de substitutions différentes pour chacun des niveaux de production. Les producteurs minimisent leurs coûts en tenant compte des taxes sur les émissions dans leur demande intermédiaire en énergie fossile. L'annexe 4 permet de visualiser les différents niveaux de production.

La quantité totale de capital dans l'économie est fixe. Cependant, l'offre de capital pour une branche spécifique s'ajuste partiellement en fonction des rendements. L'équilibre final du marché des capitaux est assuré par la variation des taux de rendement du capital, spécifiques à chaque branche. Les proportions de biens dans la consommation intermédiaire sont calculées d'après les données originales de la MCS. L'offre totale de travail est fixe. On impose l'équilibre sur le marché du travail : l'offre totale de travail égal la somme des demandes de travail de toutes les branches. C'est le salaire d'équilibre qui varie pour équilibrer le marché. Ce salaire d'équilibre est le même pour toutes les

branches. On suppose que l'offre de terre est fixe pour chaque branche de production. C'est donc la rente qui varie pour assurer l'équilibre.

On considère que les ressources naturelles sont spécifiques à une branche d'activité. Par exemple que les mines de charbon ne servent qu'à la production de charbon. L'offre de ressources naturelles est considérée comme étant fixe. On impose également l'équilibre sur le marché des ressources naturelles, c'est donc dire que le prix de chaque ressource naturelle s'ajuste pour assurer l'équilibre de chaque marché.

Les prix mondiaux sont supposés exogènes au modèle, donc on considère que la Chine n'a aucun pouvoir de marché. L'hypothèse d'Armington est retenue pour représenter la substitution imparfaite de la consommation de produits locaux et des produits importés. La capacité plus ou moins importante des consommateurs à transformer l'achat d'un bien domestique en l'achat d'un bien importé est représentée par l'élasticité de substitution. Une élasticité de substitution élevée signifie qu'il est plutôt facile d'échanger un bien local pour un bien étranger ou vice-versa. La même hypothèse est retenue pour représenter la transformation imparfaite entre production pour exportation et pour vente domestique... la capacité plus ou moins importante des producteurs à transformer une production pour vente domestique en une production pour exportation est représentée par l'élasticité de transformation. Une élasticité de transformation ou de substitution élevée signifie qu'il est plutôt facile d'échanger un bien local pour un bien étranger ou vice-versa.

Le solde du compte courant est considéré comme exogène dans le modèle. Ainsi, ce sont les niveaux d'importations, d'exportations et les transferts vers le reste-du-monde, qui s'ajustent pour assurer l'équilibre de la balance des paiements.

L'investissement provient de l'épargne. L'épargne totale est égale à la somme de l'épargne étrangère en monnaie locale, de l'épargne des entreprises, de celle des ménages et de l'épargne gouvernementale. L'épargne étrangère étant fixe dans le modèle, et

l'épargne gouvernementale réelle étant fixe, les mouvements dans l'épargne des ménages déterminent les mouvements de l'investissement.

La distribution des revenus des facteurs de production est déterminée par les paramètres calibrés sur la MCS. Les revenus du capital sont distribués entre les ménages, les entreprises et le reste-du-monde. Une portion des salaires va directement à l'étranger et le restant va aux ménages. Les rentes de la terre et des ressources naturelles vont aux ménages. Les entreprises transferts leurs profits en partie vers les ménages et en partie vers l'étranger. Les transferts en provenance du gouvernement ou du reste-du-monde sont considérés comme exogènes, à l'exception du revenu des taxes sur le CO<sub>2</sub> qui est transféré intégralement aux ménages.

Le gouvernement est modélisé de façon standard, ses revenus provenant de diverses sources (tarifs d'importations, taxe sur la consommation, taxe sur les exportations, taxe sur la production, taxe sur les revenus, taxes sur les émissions, etc.). La consommation étatique en valeur vient boucler la contrainte budgétaire du gouvernement.

On associe directement la consommation des combustibles fossiles avec les émissions de CO<sub>2</sub>. Ainsi, la première équation d'émissions nous indique les émissions de chaque branche d'activité par combustible : on multiplie la consommation intermédiaire de chaque combustible avec son coefficient d'émission, pour chacune des branches de production. La somme pour les trois combustibles nous permet d'obtenir les émissions totales de CO<sub>2</sub> pour chaque branche d'activité (2<sup>ème</sup> équation). La somme pour toutes les branches nous donne les émissions industrielles totales de CO<sub>2</sub> provenant des combustibles (3<sup>ème</sup> équation).

$$CO_{2f,j} = \overline{v_f^{CO_2}} XAP_{f,j}$$

$$TCO_{2j} = \sum_f CO_{2f,j}$$

$$TTCO_2 = \sum_j TCO_{2j}$$

Il est à noter que les ménages et les secteurs non taxables n'ont pas à payer la taxe d'émissions. Les secteurs non-taxables sont les secteurs de la pêche, foresterie et élevage ainsi que les secteurs agricoles. Il n'y a pas que les branches qui consomment des combustibles fossiles, les ménages en consomment eux aussi. On calcule les émissions totales de CO<sub>2</sub> provenant des combustibles fossiles en multipliant la quantité totale consommée dans l'économie de chacun de combustibles fossiles par son coefficient d'émissions. En sommant pour les trois combustibles, cela nous permet d'obtenir la quantité totale de CO<sub>2</sub> émise par l'utilisation de combustibles fossiles dans l'économie chinoise.

$$TotalCO_2 fuel = \sum_f v_f^{CO_2} XA_f$$

Tableau 2

Coefficients d'émissions de CO <sub>2</sub> de chaque combustible (par milliard de dollars)		
Charbon	Gaz naturel	pétrole
0.254282998	0.028014227	0.007641779

Les coefficients d'émission ont été obtenus à partir des données sur les émissions de CO<sub>2</sub> par carburant, pour l'année 1997, fournies par l'Agence internationale de l'énergie. La consommation de charbon est connue grâce aux données de la matrice de comptabilité sociale. Cependant, ces données provenant de la comptabilité nationale, elles sont en dollars, pas en unités physiques. Ainsi, en divisant la quantité d'émissions de CO<sub>2</sub> (en milliards de tonnes) de chacun des carburants par la consommation de chacun des carburants (en milliards de dollars), on obtient les coefficients d'émissions par milliard de dollars de consommation de carburant. On peut voir dans l'encadré 1, ici-bas, le coefficient d'émissions du charbon par unité physique.

#### ***4. Description des simulations***

Dans le but d'évaluer l'impact d'une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub>, nous allons d'abord simuler une diminution des émissions totales de CO<sub>2</sub> chinoises de 5,2%, à l'aide d'une taxe sur les émissions dont le taux est endogène dans le modèle. C'est-à-dire une

réduction qui correspond à l'objectif général de réduction des émissions du Protocole de Kyoto. Ensuite nous évaluerons l'effet d'une hausse (hausse de 50%) des prix mondiaux du pétrole sur l'économie chinoise. Cette hausse des prix du pétrole est tout à fait plausible dans le contexte de volatilité des prix du pétrole depuis plusieurs années. Nous pourrions ainsi vérifier à quel point la substitution vers le charbon peut faire augmenter les émissions de GES chinois. La troisième simulation menée sera une combinaison des deux premières : effet d'une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> en présence d'une hausse importante des prix mondiaux du pétrole. Dans la troisième simulation, le taux de taxe est endogène alors que l'on vise la stabilité des émissions de CO<sub>2</sub>.

Tableau 3

Différentes simulations menées		
#1	Imposition d'une taxe sur le carbone endogène (diminution de 5,2% des émissions totales)	-----
#2	-----	Choc sur les prix mondiaux du pétrole (Hausse des prix mondiaux du pétrole de 50%)
#3	Imposition d'une taxe sur le carbone (Émissions totales stables, taux de taxe endogène)	Choc sur les prix mondiaux du pétrole (Hausse des prix mondiaux du pétrole de 50%)

## 5. Analyse des résultats

Selon les résultats obtenus, il est permis de croire qu'une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> aurait un impact notable sur les émissions de GES. Il est également permis de croire que cette réduction des émissions se ferait à des coûts relativement faibles en termes d'impacts sur le PIB.

### 5.1 Réductions des émissions selon les objectifs généraux du Protocole de Kyoto

Dans cette simulation, on impose une réduction des émissions totales de CO<sub>2</sub> qui correspondent à une réduction de -5,2% des émissions totales annuelles, par rapport à 1997, une fois les ajustements complétés. Ce qui correspond aux objectifs généraux de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> fixés dans le Protocole de Kyoto (bien que dans le

Protocole de Kyoto, l'année de référence soit 1990). Cette réduction est réalisée grâce à un taux de taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> des secteurs industriels taxables endogène. Le taux de taxe obtenu est de 0,685\$US par tonne de carbone. Cela permet d'éviter le rejet 161 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Les émissions industrielles de CO<sub>2</sub> sont ainsi réduites de 6,35%.

En comparaison avec les autres études sur le sujet, cette taxe n'est pas très élevée. Il faut cependant comprendre que les études portant sur les pays développés modélisent habituellement le respect des cibles de Kyoto par rapport à l'année de référence du Protocole : 1990. Hors, depuis ce temps, les émissions de plusieurs des pays signataires ont augmentés. Dans beaucoup de cas, l'augmentation est significative (1990-2004 : Canada=+27%, Australie+25%, USA=+15,8%). Donc, les réductions nécessaires pour que ces pays atteignent leurs objectifs sont très importantes. Sachant que les coûts marginaux pour éviter l'émission de CO<sub>2</sub> sont croissants, les taux de taxes nécessaires pour atteindre les objectifs le sont aussi. Ainsi, plus les réductions demandées sont importantes, plus la taxe-carbone doit être imposante. De plus, le charbon étant la source principale d'énergie en Chine, les possibilités de substitution sont grandes. La conversion d'un bruleur au charbon par un bruleur à l'huile est peu coûteuse, comparativement à d'autres changements de procédés, et permet d'éviter beaucoup d'émissions.

#### **Encadré 1**

Selon les données de l'AIE, 1306 millions de tonnes de charbon ont été consommées en 1997 en Chine<sup>10</sup>. En combinant cette information avec celle contenue dans la MCS, qui nous apprend que la valeur du charbon consommé dans l'économie chinoise a été de 10 172 millions de dollars US, nous pouvons obtenir le prix moyen par tonne. Le prix est de 7,79\$US la tonne. Puisque les émissions de CO<sub>2</sub> sont estimées par combustible, nous savons que 2 586 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> ont été émises par la combustion du charbon en 1997<sup>11</sup>. Cela signifie que chaque tonne de charbon brûlée mène à l'émission

<sup>10</sup> AIE, Coal in the energy supply of China, 1999, données tirées du tableau 7, dans les annexes

<sup>11</sup> International Energy Agency, « CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion (2007 Edition)

de 1,98 tonne de CO<sub>2</sub>. Ainsi, chaque tonne de charbon coûte à l'entreprise d'un secteur taxable, 7,79\$US plus la taxe sur les émissions de 1,36\$US ( $1,98 \times 0,685$ ). Cette taxe correspond à une hausse du prix d'une tonne de charbon de 17,41%.

Cette réduction des émissions se fait au prix d'une réduction du PIB réel de -0,04%. La consommation de charbon dans l'économie est réduite de -6,19%. On note également une réduction de la consommation de gaz naturel (-0,76%) et de la consommation d'électricité (-1,46%). La consommation de pétrole diminue légèrement dans l'économie (-0,16%).

La consommation intermédiaire de charbon diminue pour toutes les branches de production, sauf pour les secteurs non taxables, c'est-à-dire les secteurs agricoles, forestiers, pêches et élevage. La consommation intermédiaire de charbon diminue au total de -7,55%. La consommation intermédiaire d'électricité diminue également de -1,20%. La consommation intermédiaire de pétrole diminue très peu malgré la taxe, en remplacement du charbon, plus polluant donc plus taxé. Elle diminue de -0,14%.

L'imposition de la taxe-carbone a seulement fait évoluer l'indice général des prix de 0,02%. Bien que le prix de plusieurs biens augmentent à suite à une augmentation de leurs coûts de production (taxe sur les émissions), d'autres prix tel que le prix du charbon diminue (parce que la taxe sur le carbone fait baisser la demande de charbon des secteurs consommateur de charbon).

Le taux de salaire réel recule de -0,30%. Ainsi, l'offre de travail étant fixe, le revenu réel du travail recule aussi de -0,30%. Le revenu réel du capital subit un recul de -0,27%. Les revenus réels provenant de la terre (-0,05%) et des ressources naturelles (-3,66%) reculent également. La baisse du revenu des ressources naturelles provient essentiellement de la baisse des ressources spécifiques à la branche de production du charbon. Le revenu de la taxe sur les émissions de carbone atteint 1,767 milliards de dollars, et ce revenu est distribué aux ménages. Ainsi, le revenu réel des ménages diminue de -0,09%. Ce qui fait

diminuer le revenu disponible réel de -0,10% et l'épargne des ménages de -0,09%. L'investissement réel diminue de la même façon.

Les exportations nettes des secteurs énergétiques s'en ressentent : Les exportations nettes de charbon explosent de 22,38%, pendant que les exportations nettes d'électricité diminuent de -11,70% et que les exportations nettes de gaz naturel diminuent de -1,90%. Les importations nettes de pétrole augmentent de 1,24%. Suite à l'apparition de la taxe-carbone, la branche de production charbon a donc décidé d'orienter sa production vers les marchés d'exportations, là où il n'y a pas de taxe sur les émissions, en plus de réduire sa production de -3,21%. L'électricité, substitut intéressant aux combustibles fossiles, doit ainsi subir la concurrence étrangère voulant avoir sa part de la hausse potentielle du prix de l'électricité. La production locale d'électricité étant devenue plus coûteuse à cause de la hausse du prix après taxes des intrants énergétiques, le reste-du-monde pourra ainsi augmenter ses exportations vers la Chine alors que la production de la branche pour vente locale diminue de -1,46%. Le prix de l'électricité augmente plus que le prix de tout autre bien.

## **5.2 Hausse des prix mondiaux du pétrole**

Si les prix internationaux du pétrole augmentent de 50%, cela aura comme effet d'augmenter les émissions industrielles de CO<sub>2</sub> de 0,96%, et ce malgré la chute notable de -0,50% du PIB réel. La diminution de la consommation de pétrole dans l'ensemble de l'économie est de -5,16%; elle est remplacée par le charbon, dont la consommation augmente de 2,10%. Non seulement la composition des intrants énergétiques est affectée par la hausse du prix du pétrole, mais la quantité d'énergie consommée par les branches de production est également affectée. Seule une branche d'activité augmente sa demande d'énergie : la branche du pétrole (13,93%), puisque son prix final plus élevé stimule sa production. Le prix de l'ensemble énergie augmente de 4% à 27%, en termes réels (le niveau général des prix augmente de 1,30%), selon la branche de production. Les secteurs plus intensifs en pétrole comme les secteurs du transport voient leurs coûts d'énergie exploser. Le total de la consommation intermédiaire en charbon augmente de 2,53%,



alors que la consommation intermédiaire de pétrole diminue de -2,67% et celle de l'électricité de -2,33%.

Le commerce international se trouve affecté par cette hausse rapide des prix mondiaux du pétrole. En effet, les importations de pétrole chutent de moitié alors que les exportations augmentent de façon importante. Ainsi, selon ce scénario, la Chine redevient un exportateur net de pétrole. Bien que la Chine soit actuellement un importateur net de pétrole, ce ne fût pas toujours le cas. Avant 1993, la Chine était un exportateur net de pétrole. Il ne faut pas oublier que ce pays est un des 7 grands producteurs de pétrole de la planète. En effet, la Chine produisait plus de pétrole que le Canada ou la Norvège en 2007<sup>12</sup>. Les exportations nettes de charbon diminuent de -6,92%, alors que celles du gaz naturel diminuent de -11,92% et les exportations nettes d'électricité diminuent de façon importante (-21,78%). D'autres secteurs pour lesquels le pétrole est un intrant important subissent les contrecoups de cette hausse de prix. En effet, on note une hausse des importations des services de transport et des industries chimiques et plastiques. Les exportations de ces secteurs diminuent également considérablement.

Suite à cette hausse des prix énergétiques, le niveau général des prix augmente de 1,30%. On note une baisse de -2,50% du salaire réel dans cette économie. Le revenu réel du travail diminue de la même façon. Le taux de rendement du capital augmente de 27,17% en termes réels pour la branche de production du pétrole, de 0,75% en termes réels pour la branche du charbon et une baisse de -0,43% en termes réels pour la branche du gaz naturel. L'offre de capital par branche est également affectée par ces nouveaux taux de rendement. Le revenu réel total du capital diminue de -1,14%. La rente de la terre diminue dans la vaste majorité des secteurs, à cause de la baisse de la demande de terre causée par la baisse de la production des secteurs agricoles. Les secteurs agricoles doivent supporter une hausse de leurs coûts d'énergie de 12 à 16%, puisqu'une portion importante de leur approvisionnement en énergie provenait du pétrole. Le revenu réel total de la terre diminue de -2,49%. Le prix payé pour les ressources naturelles par la

---

<sup>12</sup> CIA World Factbook

branche pétrole va presque doubler avec une augmentation de 96,95%, en termes réels. Le prix augmente de 5,58% en termes réels pour la branche charbon et diminue pour les autres branches de production. Le résultat final est une hausse de 27,81% du revenu réel des ressources naturelles. La hausse du revenu des ressources naturelles permet de limiter la diminution du revenu réel des ménages à une diminution de -1,33%. Leur revenu disponible réel diminue de -1,23%. L'épargne réelle des ménages diminue de -1,15%. L'investissement réel diminue de la même façon. Dans l'ensemble, on peut voir par la baisse du PIB réel de -0.50% et la situation désavantageuse des ménages qu'une hausse du prix du pétrole a des effets importants sur la structure de l'économie chinoise.

### **5.3 Imposition d'une taxe-carbone en présence d'une hausse des prix mondiaux du pétrole**

La taxe-carbone endogène imposée dans l'économie chinoise permet d'empêcher toute hausse des émissions totales de CO<sub>2</sub>. Le taux de taxe obtenu est de 0,125\$US par tonne de carbone. Même en présence d'une hausse importante des prix mondiaux du pétrole, la taxe-carbone permet de limiter à 0,54% la hausse des émissions industrielles de CO<sub>2</sub>. Le PIB réel subit une diminution de -0,5% par rapport à la situation de référence. Ainsi, la chute du PIB réel est d'à peine -0,005 points de pourcentage supplémentaires, par rapport à la simulation 2.

La taxe sur les émissions permet de réduire la consommation d'énergie dans l'ensemble de l'économie. En effet, on note une hausse de 0,95% de la consommation de charbon rapport au scénario de référence; l'augmentation due à la substitution du pétrole par le charbon est donc réduite de 1,15 point de pourcentage. La taxe augmente la consommation de gaz naturel de 0,60% par rapport au scénario de référence, alors qu'elle diminue de 0,15 point de pourcentage par rapport à la simulation 2. La consommation de pétrole est peu affectée par l'imposition de cette taxe : une réduction de -5,18% par rapport au scénario de référence, mais seulement -0,02 point de pourcentage par rapport à la simulation 2.

Une seule branche de production consomme plus d'énergie que lors de la situation de référence : la branche du pétrole. Ainsi, le prix élevé du pétrole stimule toujours sa production malgré sa taxe alors que le charbon doit subir la taxe sur le carbone qui affecte le charbon plus que tous les autres combustibles fossiles. La consommation intermédiaire totale de charbon augmente de seulement 1,12% par rapport à la situation de référence. C'est une baisse de -1,41 points de pourcentage par rapport à la simulation 2. La consommation intermédiaire totale de pétrole diminue de -2,69% par rapport à la situation de référence. C'est une diminution de -0,02 points de pourcentage par rapport à la simulation 2.

La consommation intermédiaire d'électricité est -2,54% sous le seuil de la situation de référence, soit une baisse de -0,21 points de pourcentage sous le niveau de la simulation 2. Donc, la substitution des combustibles fossiles par l'électricité ne parvient pas à faire augmenter la demande assez pour contrebalancer la baisse de l'offre, qui survient suite à la hausse des coûts de l'électricité. C'est une restructuration de l'économie vers les secteurs moins énergivores qui explique pareille situation. La hausse du coût du pétrole et des ses alternatives principales augmente le coût global de l'énergie et par un effet d'échelle, les secteurs dont la production diminuent davantage sont les secteurs les plus intensifs en énergie.

Le revenu de la taxe sur les émissions de carbone atteint 348 millions de dollars, et ce revenu est distribué aux ménages. Pour les ménages, l'imposition de la taxe-carbone diminue leur revenu réel de -1,34% par rapport au scénario de référence. C'est donc dire que l'imposition de la taxe sur le carbone, dans un contexte de hausse des prix du pétrole, diminue le revenu réel des ménages d'un maigre 0,01 points de pourcentage. Le revenu disponible réel de ces derniers diminue également de -1,24% par rapport à la situation de référence. Conséquemment, l'épargne réelle des ménages chute de -1,16 % par rapport à la situation de référence. L'investissement réel subit donc le même sort.

Ainsi, en présence d'une hausse des prix du pétrole, l'imposition d'une taxe-carbone permet d'éviter une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> en rendant la substitution vers le charbon moins attrayante. Cette taxe a un effet minime sur le PIB réel et sur le revenu réel des ménages.

## **6. Conclusion**

Dans ce papier, nous avons évalué l'effet d'une taxe sur les émissions de dioxyde de carbone sur l'économie chinoise. Selon les résultats obtenus, les effets d'une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> sont relativement faibles en termes d'impacts sur le PIB. Une taxe de 0,685\$US la tonne réduirait le PIB réel de -0,04%. Cette taxe permettrait de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de -5,20%.

Une simulation est également menée où la taxe est imposée au même moment que la hausse des prix du pétrole. La hausse des prix mondiaux du pétrole aurait augmenté les émissions totales de CO<sub>2</sub> de 0,96% et les émissions industrielles de 1,73%. Ces modifications surviennent au prix d'une chute de -0,5% du PIB réel. L'ajout de la taxe carbone dans ce contexte devient très intéressant puisqu'il permet de réduire l'attrait pour le substitut principal du pétrole : le charbon. En effet, cette taxe limitant la substitution du pétrole par le charbon, elle permet d'empêcher toute hausse des émissions de CO<sub>2</sub>. Cette taxe est relativement faible : 0,125\$US la tonne. Elle limite la hausse des émissions industrielles de CO<sub>2</sub> à une hausse de 0,54%. L'impact sur le PIB réel est très faible, de l'ordre de -0,005 points de pourcentage.

Les réductions présentées dans la première simulation correspondent à une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 5,2 %. Il est tout de même encourageant de voir qu'une réduction notable des émissions peut être faite à faibles coûts. De plus, Si la hausse des prix du pétrole peut s'avérer négative sur le plan environnemental, les simulations montrent qu'une taxe sur les émissions de carbone peuvent aider à contrôler ces augmentations, et ce, à très faibles coûts pour l'économie.

Dans l'avenir, il serait intéressant d'intégrer ces recherches dans un cadre plus large : quelles conséquences les importations additionnelles d'électricité ont-elles sur les émissions des partenaires commerciaux de la Chine? Dans quelles mesures les changements structureaux de l'économie chinoise peuvent-ils simplement déplacer le problème des émissions de CO<sub>2</sub> vers d'autres pays?

## Annexe 1

Variation en pourcentage des principales variables macroéconomiques par rapport à la situation de référence													
	<i>Simulations</i>	Émissions totales de CO <sub>2</sub>	Émissions industrielles de CO <sub>2</sub>	PIB réel aux prix du marché	Revenu réel des ménages	Revenu réel du gouvernement	Consommation de charbon	Consommation de pétrole	Consommation d'électricité	Niveau général des prix	Investissement réel	épargne réelle des ménages	revenu disponible réel des ménages
	Base comparative	3,1003	2,8181	854,6936	750,3438	148,3966	10,1722	62,6163	35,0057	1	336,2501	336,2503	750,3437
#1	Réduction des émissions de 5,2% à l'aide d'une taxe endogène	-5,20%	-6,35%	-0,04%	-0,09%	1,13%	-6,19%	-0,16%	-1,46%	0,02%	-0,09%	-0,09%	-0,10%
#2	Choc sur les prix mondiaux du pétrole	0,96%	1,73%	-0,50%	-1,33%	-0,92%	2,10%	-5,16%	-2,79%	1,30%	-1,15%	-1,15%	-1,23%
#3	Taxe sur le carbone + Choc sur les prix mondiaux du pétrole = stabilisation des émissions	0,00%	0,54%	-0,50%	-1,34%	-0,70%	0,95%	-5,18%	-3,04%	1,31%	-1,16%	-1,16%	-1,24%

Les données monétaires sont en milliards de \$ US.

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont en milliards de tonnes.

## Annexe 2

Changement, en pourcentage, de la production de chaque branche agrégée

	<b>base comparative</b>	<b>simul 1</b>	<b>simul 2</b>	<b>simul 3</b>
produits de la ferme et agriculture	222,2845721	0,04%	-0,14%	-0,13%
foresterie, pêche et élevage	40,74555846	-0,04%	-0,87%	-0,87%
charbon	11,32236173	-3,21%	1,19%	0,59%
pétrole	56,10390524	-0,32%	12,89%	12,85%
gaz	1,514415785	-0,95%	-1,39%	-1,56%
électricité	35,21342031	-1,52%	-2,90%	-3,16%
minéraux	32,09845895	-0,30%	-1,70%	-1,75%
produits alimentaires industriels	141,6836169	0,02%	-0,22%	-0,21%
textiles, vêtements et produits de cuir	202,1747451	0,17%	-0,68%	-0,65%
produits de bois, papier et imprimeries	61,95473931	-0,07%	-1,05%	-1,06%
produits chimiques, plastique, caoutchouc et produits minéraux	258,9944241	-0,44%	-4,66%	-4,73%
métaux et produits de métaux	156,422532	-0,44%	-1,79%	-1,87%
véhicules motorisés, pièces et équipements de transport	60,23763842	-0,14%	-1,25%	-1,27%
équipement électronique, machinerie et produits manufacturiers divers	315,8207385	-0,07%	-1,29%	-1,30%
eau	4,151827558	-0,27%	-1,08%	-1,12%
construction	210,216375	-0,07%	-0,10%	-0,11%
transport	61,68777668	-0,13%	-4,71%	-4,72%
Services privés divers	267,6673411	-0,04%	-0,73%	-0,73%
Services publics	123,2166572	-0,01%	-0,15%	-0,15%
Logements	17,25777693	0,05%	-0,02%	-0,01%

### Annexe 3

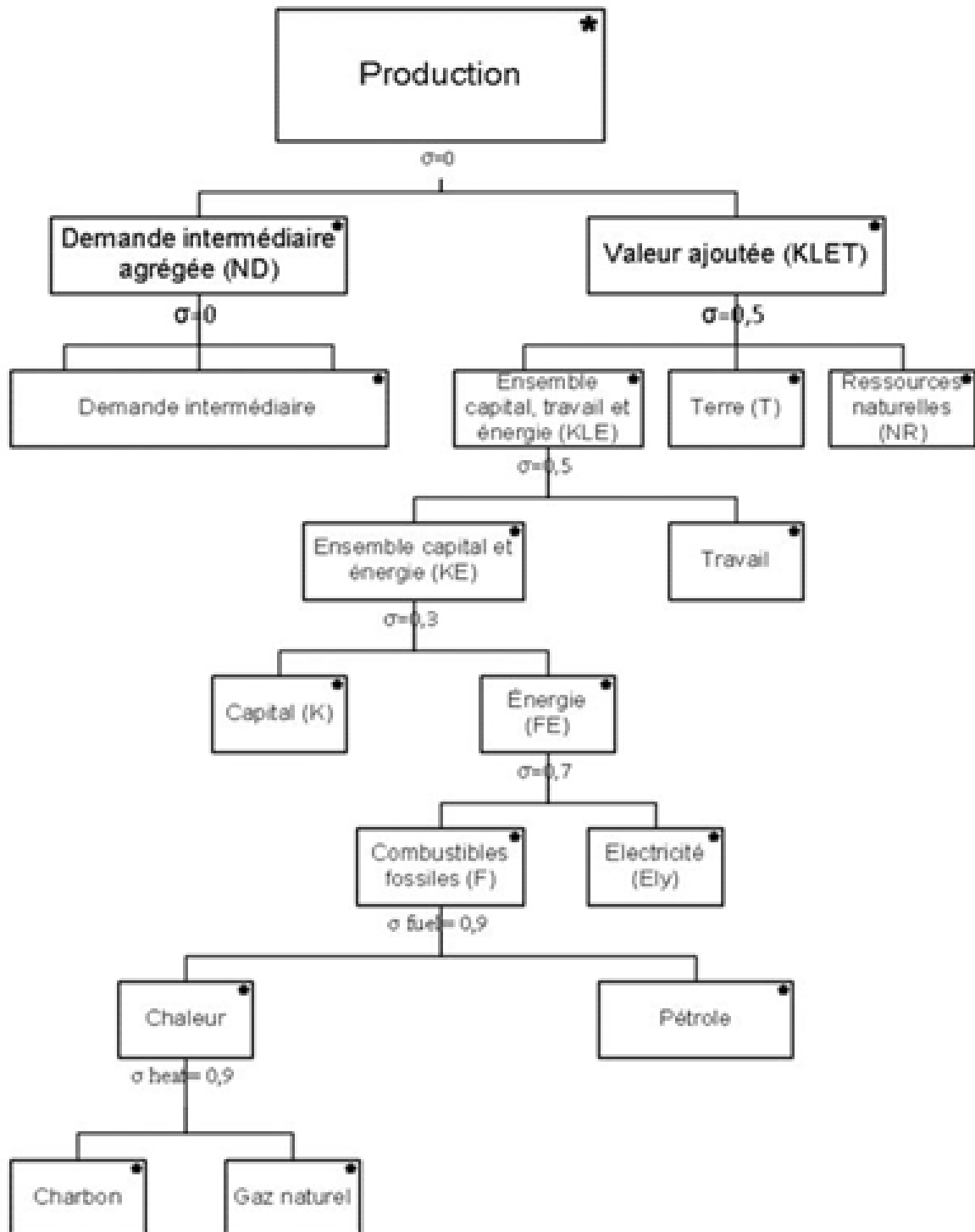
Changement, en pourcentage, de la consommation des produits de chaque branche agrégée

	<b>base comparative</b>	<b>simul 1</b>	<b>simul 2</b>	<b>simul 3</b>
produits de la ferme et agriculture	224,2720329	0,02%	-0,17%	-0,16%
foresterie, pêche et élevage	41,04423315	-0,08%	-0,97%	-0,98%
charbon	10,17228844	-6,19%	2,10%	0,95%
pétrole	62,61631071	-0,16%	-5,16%	-5,18%
gaz	1,256147489	-0,76%	0,75%	0,60%
électricité	35,00575948	-1,46%	-2,79%	-3,04%
minéraux	34,11170169	-0,35%	-1,85%	-1,91%
produits alimentaires industriels	145,4001109	0,00%	-0,21%	-0,21%
textiles, vêtements et produits de cuir	166,3281379	0,05%	-0,74%	-0,73%
produits de bois, papier et imprimeries	65,39078815	-0,09%	-0,94%	-0,96%
produits chimiques, plastique, caoutchouc et produits minéraux	276,4485926	-0,22%	-2,06%	-2,10%
métaux et produits de métaux	163,0413981	-0,25%	-1,17%	-1,21%
véhicules motorisés, pièces et équipements de transport	65,31552947	-0,12%	-0,92%	-0,94%
équipement électronique, machinerie et produits manufacturiers divers	313,6088658	-0,12%	-0,78%	-0,80%
eau	4,169799142	-0,26%	-1,05%	-1,10%
construction	211,1855497	-0,07%	-0,09%	-0,10%
transport	59,35105541	-0,15%	-1,46%	-1,48%
Services privés divers	270,4961632	-0,08%	-0,70%	-0,71%
Services publics	123,6260771	-0,01%	-0,11%	-0,11%
Logements	17,25777693	0,05%	-0,02%	-0,01%



## Annexe 4

### Structure de production



## Annexe 4

Graphiques provenant de l'Agence internationale de l'énergie; « **CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion** », 2007 Edition, ainsi que « **Coal in the energy supply of China** », 1999.

### Figure 2. CO<sub>2</sub> Emissions by Sector

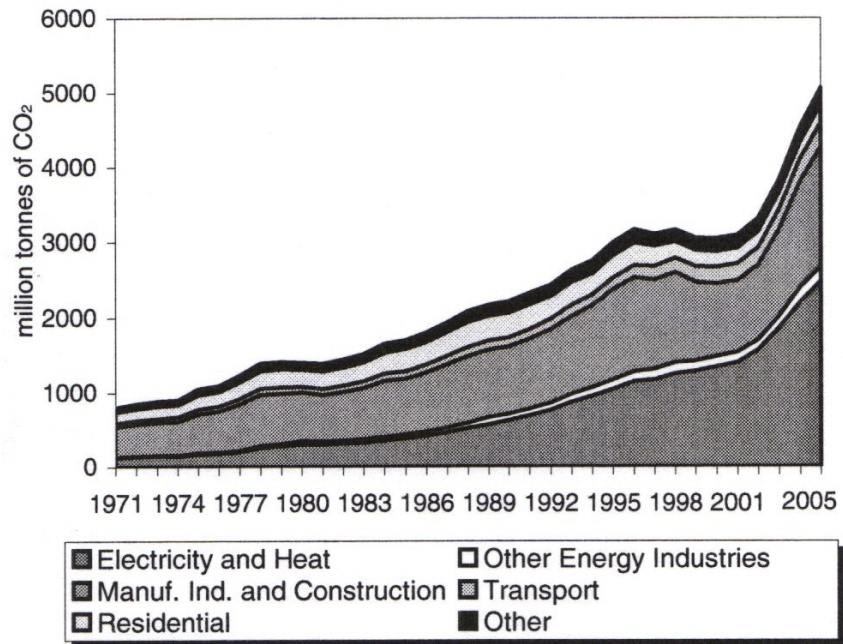
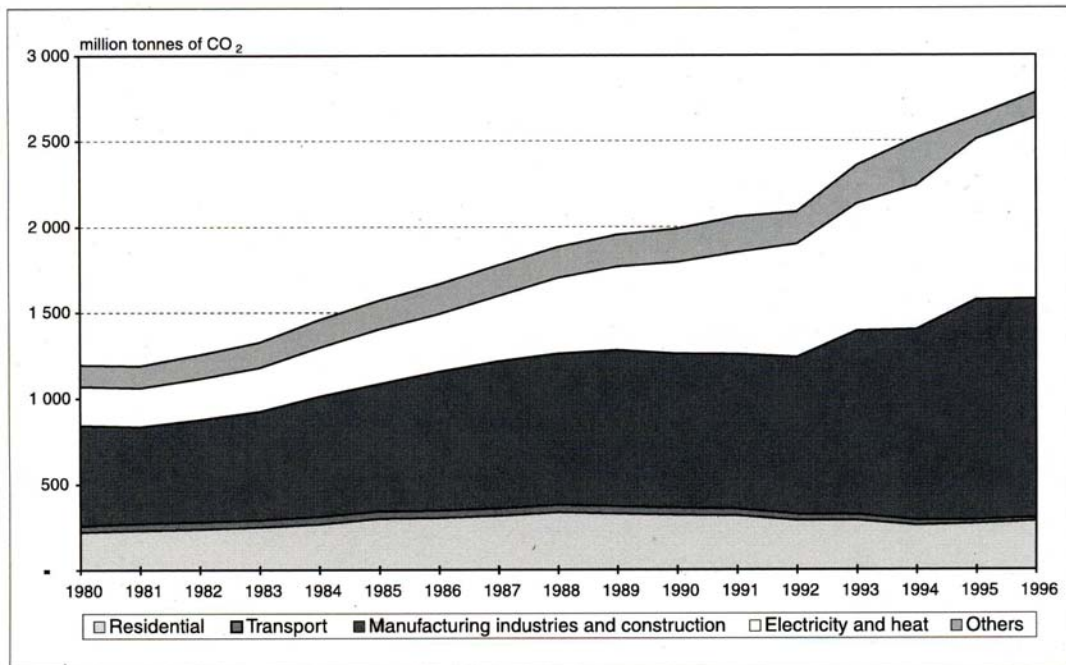


Figure 11

### CO<sub>2</sub> emissions from coal by sector



## ***Annexe 5***

### Références

- ANDRÉ J. Francisco, CARDENETE M. Alexandro et Esther VELASQUEZ, « **Performing an environmental tax reform in a regional economy. A computable general equilibrium approach** », The annals of regional science, 2005
- BERGMAN, Lars et HENREKSON, Magnus, « **CGE modeling of environmental policy and ressource management** », Stockholm School of economics, 2003
- CLAUS, Konrad, « **Computable general equilibrium models in environmental and ressource economics** » Universtät Mannheim
- Environmental Protection Agency, United States « **Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sinks**», 2006
- European environment agency, « **Greenhouse gas emission trends and projections in Europe** », 2006
- HE, Jie, « **the economic cost of china's new de-sulphur policy during her gradual accession to WTO : the case of industrial SO<sub>2</sub> emission** », avril 2004
- H. MITRA-KAHN, Benjamin, « **Debunking the myths of computable general equilibrium models**», SCEPA Working paper 2008-1, Schwartz center for economic analysis, March 2008
- International Energy Agency, « **Coal in the energy supply of China** », 1999
- International Energy Agency, « **CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion** », 2007 Edition
- International Energy Agency, « **World Energy Outlook,China and India insights** », 2007 Edition
- International Energy Agency, « **China's worldwide quest for energy** », 2000
- International Energy Agency, « **Developing China's natural gas market** », 2002
- OCDE, « **Évolution des prix du pétrole : moteurs, conséquences économiques et ajustement des politiques** », Perspectives économiques de l'OCDE n° 76,

- Roland-Holst, D. And D. Van der Mensbrugghe (2002). « **Prototype Specification for a real computable general equilibrium model of China** », date of current version: oct. 21, 2002.
- XIE, Jian et Sydney SALTZMAN « **Environmental Policy Analysis: An environmental computable general-equilibrium approach for developing countries** », Connell University