



N° 11F0027MIF au catalogue — No 015

ISSN: 1703-0412

ISBN: 0-662-89385-9

Document de recherche

Série de documents de recherche sur l'analyse économique (AE)

Les sources de la croissance des émissions de CO₂ du secteur canadien des entreprises, 1990 à 1996

Par Kaïs Dachraoui, Gerry Gravel, Tarek M. Harchaoui et Joe St. Lawrence

Division de l'analyse microéconomique
18-F, Immeuble de R.H. Coats, Ottawa, K1A 0T6

Telephone: 1 800 263-1136



Toutes les opinions émises par les auteurs de ce document ne reflètent pas nécessairement celles de Statistique Canada.



Statistique
Canada

Statistics
Canada

Canada

Les sources de la croissance des émissions de CO₂ du secteur canadien des entreprises, 1990 à 1996*

par

Kaïs Dachraoui
Gerry Gravel
Tarek M. Harchaoui
et
Joe St. Lawrence

11F0027MIF N° 015
ISSN : 1703-0412
ISBN : 0-662-89385-9

Division de l'analyse microéconomique
18-F, Immeuble R.-H.-Coats
Ottawa, K1A 0T6
Statistique Canada

Comment obtenir d'autres renseignements:
Service national de renseignements: 1 800 263-1136
Renseignements par courriel : linfostats@statcan.ca

Septembre 2003

Le nom des auteurs est inscrit selon l'ordre alphabétique.

Les opinions exprimées dans le document sont celles des auteurs et ne reflètent pas forcément celles de Statistique Canada.

Also available in English

* Une version antérieure a été présentée à la 14^e conférence sur les tableaux entrées-sorties qui a eu lieu à Montréal en octobre 2002. Nous exprimons notre gratitude à Pierre Mercier pour son assistance remarquable à la production de cette étude. Nous remercions aussi John Baldwin, deux examinateurs anonymes et les participants à la conférence pour leurs commentaires et suggestions.

Table des matières

RÉSUMÉ.....	IV
SOMMAIRE.....	V
I. INTRODUCTION.....	1
II. CADRE COMPTABLE.....	2
III. SOURCES DES DONNÉES ET ANALYSE DESCRIPTIVE.....	5
IV. ANALYSE DES RÉSULTATS	7
V. CONCLUSION.....	13
BIBLIOGRAPHIE	14

Résumé

Cette étude examine le profil des émissions de CO₂ par unité de production (ou éco-efficacité) du Canada entre 1990 et 1996 en décomposant les changements en un effet d'intensité énergétique, un effet de substitution entre différents produits énergétiques et un effet d'intensité carbonique. Notre contribution représente une étude de cas de l'importance relative de ces effets pour un pays qui se situe sur la partie descendante (pente négative) de la courbe d'émissions de CO₂ par unité de production. Dans l'ensemble, nos résultats indiquent que la combinaison des effets d'intensité énergétique et de substitution a contribué à la réduction des émissions de CO₂ par unité de production. L'effet de substitution a contribué à une réduction des émissions, mais n'a pas été suffisant pour engendrer, à lui seul, une courbe émissions-production fortement descendante. En général, la diminution de l'intensité énergétique de la production a joué un rôle considérablement plus important que l'effet de substitution dans la réduction des émissions. Enfin, l'effet d'intensité carbonique a contribué positivement, quoique faiblement, à la croissance des émissions de CO₂ par unité de production.

Mots clés : Éco-efficacité, émissions de CO₂, intensité énergétique, croissance économique

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2003

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire ou de transmettre le contenu de la présente publication, sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, enregistrement sur support magnétique, reproduction électronique, mécanique, photographique, ou autre, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, sans l'autorisation écrite préalable des Services de concession des droits de licence, Division du marketing, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

Sommaire

Un nombre croissant de preuves accumulées dans divers pays laisse entendre qu'il existe une relation « en forme de U inversé » entre le PIB et certaines formes de pollution. Selon cette hypothèse, la pollution augmenterait parallèlement au développement, mais il pourrait exister un niveau critique de revenus au-delà duquel les émissions de certains types de polluants diminuent.

L'hypothèse de la courbe en U inversé a suscité une vive controverse, peut-être en partie parce qu'on en sait si peu sur les facteurs qui sous-tendent les trajectoires de développement environnemental. Nous examinons ici les facteurs contribuant aux variations des émissions de CO₂ au Canada durant la période 1990 à 1996.

Le cadre analytique de l'analyse repose sur la décomposition des émissions de CO₂ par unité de production (ou éco-efficacité) pour les 16 plus importantes branches d'activité productrices de ces rejets du secteur des entreprises en termes : d'un effet d'intensité énergétique, d'un effet de substitution entre les produits énergétiques utilisés et d'un effet d'intensité carbonique.

En 1996, le secteur canadien des entreprises a produit 350 millions de tonnes d'émissions de CO₂, chiffre en hausse par rapport aux 326 millions de tonnes produites en 1990. Les 16 branches d'activité retenues dans notre analyse ont produit, en moyenne, 92 % des émissions de CO₂ entre 1990 et 1996.

Nous dégageons quatre résultats importants. Premièrement, la diminution de l'intensité énergétique contribue significativement à la réduction des émissions de CO₂ par unité de production. Ce résultat appuie l'hypothèse selon laquelle la hausse des prix relatifs de l'énergie a joué un rôle important dans la réduction de l'intensité énergétique par unité de production. Deuxièmement, bien que l'effet de substitution, ou de composition énergétique, ait contribué à la réduction du rapport entre les émissions de CO₂ et la production, son rôle a été plus modéré que celui de l'effet d'intensité énergétique. Troisièmement, la contribution de l'effet d'intensité carbonique est négligeable. Quatrièmement, la variation des émissions de CO₂ par unité de production selon la branche d'activité est due principalement à la variation de l'intensité énergétique.

I. Introduction

Un nombre croissant de preuves accumulées dans divers pays laisse entendre qu'il existe une relation « en forme de U inversé » entre le PIB et certaines formes de pollution (voir Forrest, 1995 pour une revue des publications pertinentes et du débat d'orientation qu'elles ont suscité). Autrement dit, au départ, la pollution augmenterait parallèlement au développement, mais il pourrait exister un niveau critique de revenus au-delà duquel les émissions de certains types de polluants diminuent. Comme ce profil environnemental ressemble à celui de la série de données chronologiques sur l'inégalité du revenu décrite par Kuznets, (1955), on lui a donné le nom de « courbe environnementale de Kuznets » (CEK).

Loin de représenter une menace à long terme pour l'environnement, comme le soutiennent notamment Meadows et coll. (1972, 1992) dans *The Limits to Growth* et *Beyond the Limits*, si la CEK est vraie alors la croissance économique serait nécessaire au maintien ou à l'amélioration de la qualité de l'environnement. Il s'agit là d'un élément essentiel de l'argument en faveur du développement durable avancé par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1987) dans son rapport intitulé *Notre avenir à tous*¹.

Le thème de la CEK a été repris dans le *Rapport sur le développement dans le monde de 1992* de la Banque mondiale (IBRD 1992). Les auteurs du rapport notent que : « l'opinion selon laquelle l'accroissement de l'activité économique est inévitablement nuisible à l'environnement est fondée sur des hypothèses statiques au sujet de la technologie, des goûts et de l'investissement environnemental » (p. 38) et qu'« à mesure que les revenus augmentent, la demande d'amélioration de la qualité de l'environnement augmentera, de même que les fonds disponibles pour l'investissement » (p. 39). Certains ont été encore plus catégoriques, soutenant que : « *il existe des preuves manifestes que, si la croissance économique cause habituellement une dégradation de l'environnement aux premières étapes du processus, en dernière analyse, devenir riche est le meilleur - et probablement le seul - moyen qu'ont la plupart des pays d'assurer la salubrité de leur environnement.* » (Beckerman, 1992).

L'hypothèse de la courbe en U inversé a suscité une vive controverse, peut-être en partie parce qu'on en sait si peu sur les facteurs qui sous-tendent les trajectoires de développement environnemental. Nous examinons ici les facteurs à l'origine des variations des émissions de CO₂ au Canada et, ce faisant, offrons une étude de cas de l'expérience canadienne².

Bien que déterminer les sources ultimes de l'évolution des émissions soit une tâche qui dépasse sans doute le cadre de tout projet, nous pensons que plusieurs enseignements peuvent être tirés de l'analyse détaillée de la croissance de l'activité économique, de l'intensité de l'utilisation de l'énergie, de l'évolution de la composition du panier de produits énergétiques et de celle des émissions. Dans la présente étude, nous examinons les émissions de CO₂ par unité de production (ou éco-efficacité) du Canada entre 1990 et 1996, et nous décomposons leur variation en un effet

¹ Voir Éditions du Fleuve, Montréal, 1989 pour la version française.

² La présente analyse se restreint aux émissions de CO₂ en partie à cause de leur importance (78 %) dans le total des émissions.

d'intensité énergétique, un effet de substitution entre les produits énergétiques et un effet d'intensité carbonique. Nos résultats constituent une étude de cas de l'importance relative de ces effets pour un pays situé dont la courbe des émissions de CO₂-production affiche une pente descendante pour ce polluant. Il importe aussi d'expliquer la tendance qui caractérise les émissions de CO₂ par unité de production, car si on les traite comme des produits indésirables, ces émissions représentent une source importante d'augmentation de la productivité multifactorielle, comme l'ont montré Harchaoui et coll. (2002).

De notre analyse on tire quatre résultats importants. Premièrement, la diminution de l'intensité énergétique contribue significativement à la réduction des émissions de CO₂ par unité de production. Deuxièmement, bien que cet effet de substitution contribue à la diminution du rapport entre les émissions de CO₂ et la production, son rôle a été plus modeste que celui de l'effet d'intensité énergétique. Troisièmement, l'effet d'intensité carbonique a contribué positivement, quoique faiblement, à la croissance des émissions de CO₂ par unité de production. Quatrièmement, les émissions de CO₂ par unité de production varient considérablement selon la branche d'activité, principalement parce que l'intensité énergétique ne varie pas uniformément d'une branche à l'autre.

Le reste du rapport est présenté comme suit : à la section suivante, nous décrivons le cadre analytique. À la section III, nous présentons les sources des données et certaines analyses de tendance. À la section IV, nous examinons les sources de la croissance des émissions de CO₂. Enfin, à la dernière section, nous présentons nos conclusions.

II. Cadre comptable

La méthode appliquée pour décomposer la variation des émissions de CO₂ du secteur des entreprises en effets distincts imputables à des facteurs particuliers s'appuie sur une série de calculs algébriques simples.

Nous estimons les émissions de CO₂ d'une branche d'activité donnée i durant l'année t en multipliant la consommation de chaque produit énergétique j par le facteur d'intensité carbonique (ou facteur d'émission) pertinent (f_{ijt}). Le facteur d'intensité carbonique quantifie la masse moyenne de CO₂ libérée par la combustion de la quantité de combustible servant à libérer un joule d'énergie. Sa valeur peut varier selon la branche d'activité et au cours du temps. Nous exprimons la consommation de produit énergétique en quantité d'énergie (E_{ijt}).

Puis, nous calculons les émissions de CO₂ (G_{ijt}) produites par la branche d'activité i durant l'année t en raison de la consommation d'énergie de type j (E_{ijt}) et du facteur d'intensité carbonique du produit énergétique j (f_{ijt}) d'après l'identité

$$G_{ijt} = f_{ijt}E_{ijt},$$

que nous pouvons réécrire sous la forme

$$G_{ijt} = f_{ijt}s_{ijt}e_{it}Q_{it}, \tag{1}$$

où

Q_{it} = production brute de la branche d'activité i en prix constants;

$s_{ijt} \equiv \left(\frac{E_{ijt}}{E_{it}} \right)$ = part de la consommation totale d'énergie de la branche d'activité i imputable au produit énergétique de type j ;

$e_{it} \equiv \left(\frac{E_{it}}{Q_{it}} \right)$ = intensité énergétique (consommation d'énergie par unité de production en prix constants).

En partant de la consommation agrégée d'énergie de la branche d'activité i durant l'année t , nous définissons les émissions de CO₂ comme étant

$$\begin{aligned} G_{it} &\equiv \sum_{j=1}^J G_{ijt} \\ &= e_{it} Q_{it} \sum_{j=1}^J f_{ijt} s_{ijt}. \end{aligned} \quad (2)$$

En dérivant l'équation (2) par rapport au temps, nous obtenons :

$$\frac{\partial G_{it}}{\partial t} = \sum_j \left(\frac{\partial f_{ijt}}{\partial t} s_{ijt} e_{it} Q_{it} + \frac{\partial s_{ijt}}{\partial t} f_{ijt} e_{it} Q_{it} + \frac{\partial e_{it}}{\partial t} f_{ijt} s_{ijt} Q_{it} + \frac{\partial Q_{it}}{\partial t} f_{ijt} s_{ijt} e_{it} \right). \quad (3)$$

En multipliant (3) par $G_{it} w_{ijt}$ où $w_{ijt} \left(\equiv \frac{G_{ijt}}{G_{it}} \right)$ représente la part des émissions de CO₂ imputables au produit énergétique de type j dans la branche d'activité i , nous obtenons :

$$\begin{aligned} \frac{\partial G_{it}}{\partial t} &= \sum_j \left(\frac{\left(\frac{\partial f_{ijt}}{\partial t} \right)}{f_{ijt}} + \frac{\left(\frac{\partial s_{ijt}}{\partial t} \right)}{s_{ijt}} + \frac{\left(\frac{\partial e_{it}}{\partial t} \right)}{e_{it}} + \frac{\left(\frac{\partial Q_{it}}{\partial t} \right)}{Q_{it}} \right) G_{it} w_{ijt} \\ &= \sum_j \left(\frac{\partial \ln f_{ijt}}{\partial t} + \frac{\partial \ln s_{ijt}}{\partial t} + \frac{\partial \ln e_{it}}{\partial t} + \frac{\partial \ln Q_{it}}{\partial t} \right) G_{it} w_{ijt}. \end{aligned} \quad (4)$$

En intégrant (4), nous obtenons le cas continu :

$$\begin{aligned} \int_t^{t+1} \frac{\partial G_{it}}{\partial t} &\equiv \Delta G_{it} \\ &= \int_t^{t+1} \sum_j \frac{\partial \ln f_{ijt}}{\partial t} G_{it} w_{ijt} + \int_t^{t+1} \sum_j \frac{\partial \ln s_{ijt}}{\partial t} G_{it} w_{ijt} + \int_t^{t+1} \sum_j \frac{\partial \ln e_{it}}{\partial t} G_{it} w_{ijt} \\ &\quad + \int_t^{t+1} \sum_j \frac{\partial \ln Q_{it}}{\partial t} G_{it} w_{ijt}. \end{aligned} \quad (5)$$

La réécriture de cette équation pour le cas discret donne l'approximation :

$$\frac{\Delta G_{it}}{\bar{G}_{it}} \approx \sum_j \bar{w}_{ijt} \left[\ln \left(\frac{f_{ijt+1}}{f_{ijt}} \right) + \ln \left(\frac{s_{ijt+1}}{s_{ijt}} \right) + \ln \left(\frac{e_{it+1}}{e_{it}} \right) + \ln \left(\frac{Q_{it+1}}{Q_{it}} \right) \right] \quad (6)$$

où

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta G_{it}}{\bar{G}_{it}} \square & \sum_j \bar{w}_{ijt} \ln \left(\frac{f_{ijt+1}}{f_{ijt}} \right) \quad \text{Effet d'intensité carbonique} \\
 & + \sum_j \bar{w}_{ijt} \ln \left(\frac{s_{ijt+1}}{s_{ijt}} \right) \quad \text{Effet de substitution} \\
 & + \ln \left(\frac{e_{it+1}}{e_{it}} \right) \quad \text{Effet d'intensité énergétique} \\
 & + \ln \left(\frac{Q_{it+1}}{Q_{it}} \right) \quad \text{Effet de la croissance réelle de la production,}
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\text{où } \bar{G}_{it} \equiv \frac{(G_{it+1} + G_{it})}{2} \text{ et } \bar{w}_{ijt} \equiv \frac{(w_{ijt+1} + w_{ijt})}{2}.$$

L'interprétation heuristique de l'équation (7) est la suivante : le taux de croissance des émissions de CO₂ de la branche d'activité *i* peut être ventilé en quatre composantes qui correspondent à la somme pondérée d'expressions qui sont elles-mêmes des taux de croissance. Les facteurs de pondération sont définis comme étant les parts des émissions de CO₂, qui varient en fonction du temps, donc reflètent l'évolution de la structure de l'économie.

Le facteur d'intensité carbonique (f_{ijt}) indique dans quelle mesure la réduction des émissions de CO₂ est liée à celle de l'intensité carbonique du type de produit énergétique utilisé. Si l'intensité carbonique ne variait pas d'une année à l'autre, comme on le suppose souvent, alors le terme $\sum_j \bar{w}_{ijt} \ln \left(\frac{f_{ijt+1}}{f_{ijt}} \right)$ serait nul. Le terme $\ln \left(\frac{e_{it+1}}{e_{it}} \right)$ représente l'effet d'efficacité énergétique, c'est-à-dire la réduction des émissions de CO₂ due à l'utilisation de technologies qui permettent d'économiser l'énergie. L'effet de substitution $\sum_j \bar{w}_{ijt} \ln \left(\frac{s_{ijt+1}}{s_{ijt}} \right)$ mesure le résultat de la substitution entre diverses formes d'énergie en réponse à divers incitatifs, y compris les variations des prix relatifs de l'énergie. La réduction de la part du pétrole (qui est remplacé par des produits énergétiques moins polluants) réduit les émissions de CO₂ et, donc, s'assortit d'un effet de substitution négatif. Enfin, le terme de production $\ln \left(\frac{Q_{it+1}}{Q_{it}} \right)$ reflète la mesure dans laquelle la croissance de l'économie influe sur les émissions de CO₂. Par exemple, une croissance économique rapide entraînera probablement une augmentation des émissions de CO₂.

Nous pouvons aussi écrire l'équation (1) sous la forme

$$g_{ijt} = f_{ijt} s_{ijt} e_{it},$$

où $g_{ijt} = \frac{G_{ijt}}{Q_{it}}$, c'est-à-dire les émissions de CO₂ par unité de production de la branche d'activité *i* attribuables au produit énergétique *j*. Par conséquent, nous pouvons écrire les émissions agrégées de CO₂ par unité de production de la branche d'activité *i* sous la forme

$$g_{it} = \frac{G_{it}}{Q_{it}} = \sum_j \frac{G_{ijt}}{Q_{it}} = \sum_j g_{ijt}.$$

Nous pouvons appliquer aux émissions de CO₂ par unité de production la ventilation décrite plus haut pour le taux de croissance de ces émissions. Par conséquent, le taux de croissance des émissions de CO₂ par unité de production peut être décomposé en la somme de trois composantes, à savoir l'effet d'intensité carbonique, l'effet de substitution et l'effet d'intensité énergétique³.

III. Sources des données et analyse descriptive

Les données utilisées ici proviennent de deux sources distinctes qui s'articulent sur le cadre comptable des tableaux des entrées-sorties de Statistique Canada, à savoir les comptes de flux de matières et d'énergie (CFME) (voir Statistique Canada 1997) et les comptes de productivité du Canada. Nous avons créé, à partir de ces sources, un ensemble de données comprenant des séries sur les émissions de CO₂, la consommation d'énergie selon le type de bien ou de service, le facteur d'intensité carbonique de chaque produit énergétique et la production réelle pour 47 branches d'activité du secteur canadien des entreprises pour la période allant de 1990 à 1996. Les données selon le produit énergétique n'étaient pas disponibles pour les années antérieures à 1990.

Les CFME contiennent des renseignements détaillés sur les produits énergétiques consommés et sur les émissions de CO₂ produites par diverses branches d'activité au Canada. Les données sur les émissions sont obtenues par application des facteurs d'intensité carbonique établis par Environnement Canada aux données sur la consommation d'énergie des CFME. Ces derniers contiennent des données pour onze produits énergétiques, à savoir le charbon, le pétrole brut, le gaz naturel, les gaz de pétrole liquéfiés, l'électricité, le coke, l'essence à moteur, le carburant diesel, le carburant d'aviation, le mazout léger et le mazout lourd. Les émissions de CO₂ résultent principalement de l'utilisation de combustibles fossiles (plus de 90 % des émissions au Canada). La quantité de CO₂ produite par les différents combustibles utilisés ne varie pas significativement selon les conditions de combustion. Dans tous les procédés nécessitant la combustion de combustibles fossiles, essentiellement tout le carbone que contient le combustible est converti en CO₂. Le volume des émissions est calculé pour chaque branche d'activité et pour chacun des produits énergétiques, puis les résultats sont agrégés pour être publiés.

En outre, des utilisations de combustibles fossiles autres que la combustion donnent lieu à l'émission de CO₂, notamment l'utilisation de combustibles comme charge d'alimentation dans certaines branches d'activité, comme celle des produits raffinés du pétrole. Les facteurs

³ Plus précisément, $\frac{\Delta g_{it}}{g_{it}} \approx \sum_j \bar{w}_{ijt} \ln \left(\frac{f_{ijt+1}}{f_{ijt}} \right) + \sum_j \bar{w}_{ijt} \ln \left(\frac{s_{ijt+1}}{s_{ijt}} \right) + \ln \left(\frac{e_{it+1}}{e_{it}} \right)$. Notons aussi que les poids $w_{ijt} \left(\equiv \frac{G_{ijt}}{G_{it}} \right)$ demeurent constants, que nous exprimons la décomposition en fonction des émissions de CO₂ ou en fonction des émissions de CO₂ par unité de production.

d'émission établis par Environnement Canada pour ces sources sont combinés aux données des CFME sur l'utilisation de produits énergétiques en tant que charges d'alimentation pour estimer les émissions connexes de CO₂. Outre les sources liées aux combustibles fossiles, plusieurs procédés industriels produisent des quantités importantes de CO₂ : la production de ciment et de chaux, la production d'ammoniaque et la production de gaz naturel. Ces facteurs associés aux sources d'utilisation de combustibles, autres que la combustion, sont pris en compte dans nos calculs des émissions de CO₂. Par contre les émissions de CO₂ produites par la combustion de la biomasse (déchets de bois et bois de feu) ne sont pas incluses. Nous supposons que l'absorption naturelle de dioxyde de carbone liée à la croissance des forêts compense ces émissions et que celles-ci ne contribuent donc pas aux émissions de CO₂ du Canada.

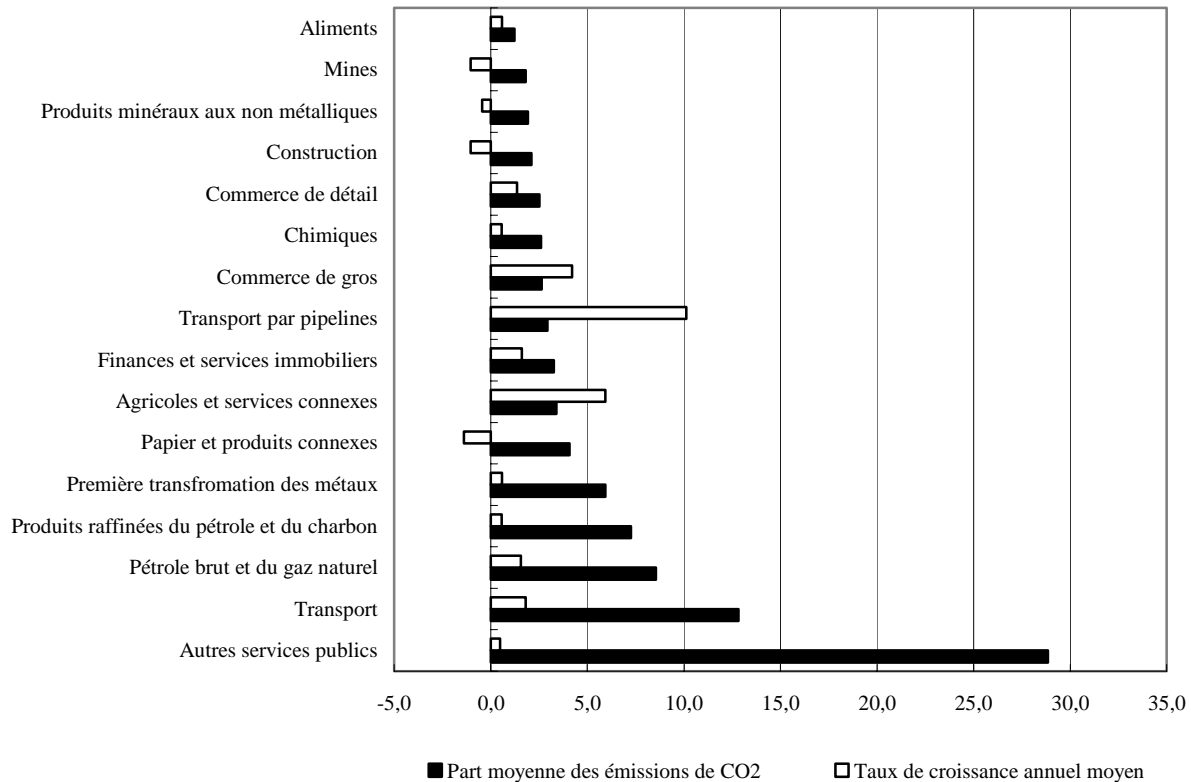
Nous mesurons la production à l'échelle de la branche d'activité au moyen d'un indice en chaîne de Fisher de la production brute. Cette production est égale à la somme des ventes ou des recettes et d'autres revenus ainsi que des variations de stock.

En 1996, le secteur canadien des entreprises a produit 350 millions de tonnes d'émissions de CO₂, chiffre en hausse par rapport aux 326 millions de tonnes produites en 1990. Parmi les 47 branches d'activité de ce secteur, seize ont maintenu leur part des émissions de CO₂ relativement constante durant la période et ont produit l'essentiel du taux de croissance annuel moyen de 1,2 % des émissions de CO₂ du secteur des entreprises (voir la figure 1). Les autres résultats empiriques que nous allons présenter porteront sur ces 16 branches d'activité, qui ont produit, en moyenne, 92 % des émissions de CO₂ entre 1990 et 1996.

Le profil observé pour ces 16 branches d'activité varie selon que nous analysons leur comportement du point de vue de la croissance ou de la part imputable des émissions de CO₂. Ainsi, de 1990 à 1996, la branche des autres services publics a produit 29 % des émissions de CO₂ du secteur des entreprises, mais le taux de croissance moyen de ses émissions n'a été que de 0,5 %. À l'autre extrémité de l'échelle, la branche du transport par pipeline affichait le taux de croissance des émissions de CO₂ le plus élevé du secteur des entreprises (9,6 %), mais ne représentait que 2,9 % de l'ensemble des émissions de ce secteur.

Le profil des émissions de CO₂ du secteur canadien des entreprises présente certaines régularités. De 1990 à 1996, les branches d'activité auxquelles était imputable la part la plus importante des émissions de CO₂ étaient celles qui affichaient le taux de croissance de ces émissions le plus modeste. La valeur négative, quoique faible, du coefficient de corrélation entre la part des émissions de CO₂ et le taux de croissance de ces émissions observées pour ces 16 branches d'activité (-0,09) reflète cette situation. Néanmoins, les cinq branches d'activité les plus importantes sont celles pour lesquelles la relation négative est la plus frappante (-0,23).

Figure 1. Profil des émissions de CO₂ par branche d'activité, 1990 à 1996

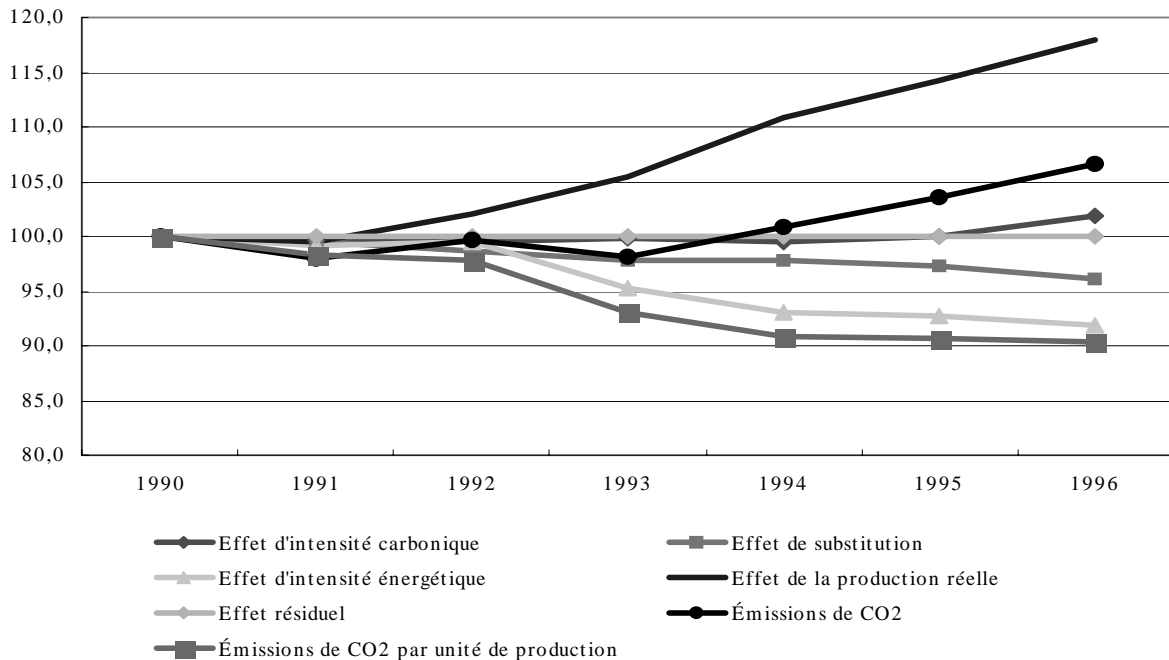


IV. Analyse des résultats

À la présente section, nous commençons par quantifier en points la contribution de l'effet de substitution, de l'effet d'intensité carbonique et de l'effet d'intensité énergétique à la croissance des émissions de CO₂ par unité de production pour chacune des 47 branches d'activité entre 1990 et 1996. Comme la formule de décomposition définie en (7) est fondée sur une approximation de premier ordre, nous nous attendons à ce que les facteurs qui sous-tendent la tendance des émissions de CO₂ ou celle des émissions de CO₂ par unité de production soient assortis d'une légère erreur d'approximation. Puis, nous établissons les sources de croissance des émissions de CO₂ par branche d'activité pour l'ensemble du secteur des entreprises à l'aide d'une méthode qui repose sur des indices superlatifs où l'on tient compte des changements structurels survenus durant la période à l'étude.

Rappelons que la formule de décomposition définie en (7) est valable tant pour les émissions de CO₂ que pour les émissions de CO₂ par unité de production et constitue en quelque sorte un indicateur partiel d'éco-efficacité. Tous les résultats qui suivent portent sur les sources de croissance de ces deux variables.

Figure 2. Décomposition de la croissance des émissions de CO₂ pour les 16 branches émettrices les plus importantes, secteur canadien des entreprises (1990=100)



À la figure 2, on montre les tendances des émissions de CO₂ de 1990 à 1996 et les facteurs qui les sous-tendent pour l'ensemble des 16 branches d'activité retenues. Les émissions de CO₂ du secteur des entreprises ont augmenté au taux moyen de 1,2 % par année. Si la croissance économique avait été le seul facteur de l'évolution des émissions de CO₂, celles-ci auraient augmenté au taux annuel moyen de 2,8 % durant la période de référence. Cependant, l'effet de la croissance économique a été tempéré considérablement, avant tout par le fléchissement de l'intensité énergétique (-1,3 %), conjugué à une substitution entre les divers produits énergétiques (-0,6 %).

Comme le montre le tableau 1, la croissance annuelle moyenne des émissions de CO₂ varie considérablement selon la branche d'activité. Pour les industries agricoles et connexes l'effet de substitution et l'effet d'intensité énergétique renforcent tous deux l'effet de la croissance économique, si bien que cette branche d'activité a affiché un des taux annuels moyens de croissance des émissions de CO₂ les plus élevés de 1990 à 1996. Celui des industries du transport par pipelines a été encore plus élevé en dépit du fait que l'effet d'intensité carbonique ait été légèrement favorable à une baisse des émissions de CO₂. Les industries du commerce de gros sont une autre branche d'activité où le taux de croissance des émissions de CO₂ a été important (4,1 % en moyenne). Par contre, dans ce cas, l'effet de la croissance économique a été le seul moteur de la croissance des émissions de CO₂, tandis que l'effet d'intensité énergétique a été plus que compensé par l'effet de substitution et l'effet d'intensité carbonique.

Tableau 1. Parts, taux de croissance et contributions aux émissions de CO₂, taux de croissance de la production : 1990 à 1996

	Part moyenne du total des émissions de CO ₂ de la branche d'activité	Taux de croissance annuel moyen des émissions de CO ₂	Taux de croissance annuel moyen de la production réelle	Taux de croissance annuel moyen des émissions de CO ₂ par unité de production	Effet d'intensité carbonique	Effet de substitution	Effet d'intensité énergétique	Erreur résiduelle
	(1)	(2)	(1) moins (2)					
	Pourcentage				Contribution en points à la croissance annuelle moyenne des émissions de CO ₂ par unité de production			
Services agricoles et connexes	3,4	5,8	2,5	3,3	0,1	0,2	3,0	0,0
Exploitation minière	1,8	-1,0	0,0	-1,1	-0,1	0,3	-1,3	0,0
Pétrole brut et gaz naturel	8,5	1,6	5,5	-3,9	-0,9	-1,7	-1,3	0,0
Aliments	1,2	0,6	1,5	-0,9	-0,1	-1,0	0,3	-0,1
Papier et produits connexes	4,1	-1,4	2,4	-3,8	-0,1	-1,8	-1,9	0,0
Métaux de première transformation	5,9	0,6	3,7	-3,1	0,0	-1,4	-1,6	0,0
Produits minéraux non métalliques	1,9	-0,4	-0,8	0,4	-0,1	0,1	0,3	0,0
Produits raffinés du pétrole et du charbon	7,3	0,6	1,3	-0,7	3,7	0,3	-4,7	0,0
Produits chimiques	2,6	0,6	1,6	-1,1	-0,1	0,1	-1,0	0,0
Construction	2,1	-1,0	-2,2	1,2	0,4	0,2	0,7	-0,1
Transport	12,8	1,8	2,5	-0,7	0,3	-0,2	-0,8	0,0
Transport par pipeline	2,9	9,6	7,8	1,8	-0,1	0,2	1,7	0,0
Autres services publics	28,8	0,5	2,6	-2,1	0,1	-0,6	-1,6	0,0
Commerce de gros	2,6	4,1	4,4	-0,3	-0,2	-1,3	1,2	0,0
Commerce de détail	2,5	1,4	2,4	-1,1	-0,5	-0,1	-0,5	0,0
Intermédiaires financiers et services immobiliers	3,3	1,6	4,6	-3,0	2,8	-1,0	-4,8	0,0
Secteur des entreprises	100,0	1,2	2,8	-1,6	0,3	-0,6	-1,3	0,0

Nota : Les données peuvent ne pas correspondre aux totaux en raison de l'arrondissement.

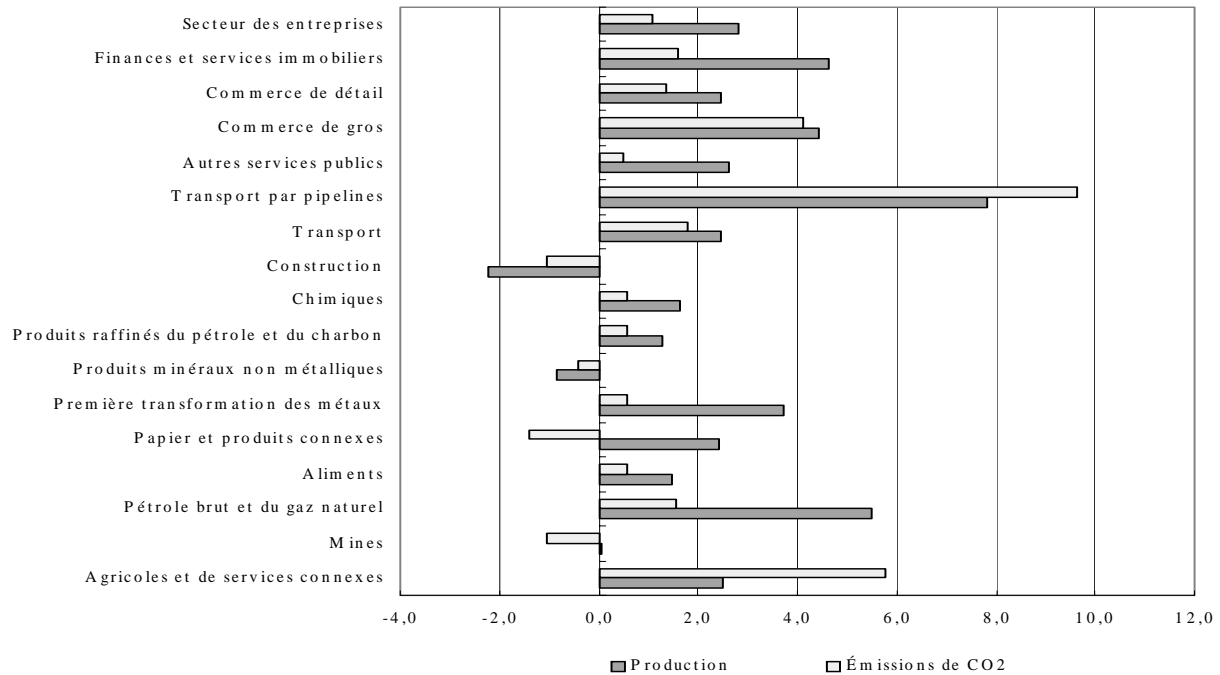
Les industries du transport et celles du pétrole brut et du gaz naturel, deux importantes branches productrices de CO₂, ont vu croître leurs émissions à taux annuels moyens respectifs de 1,8 % et 1,6 %. Cette croissance modérée est le résultat de contributions différentes des facteurs sous-jacents. Pour les industries du pétrole brut et du gaz naturel, la hausse de 5,5 points de pourcentage due à l'effet de la croissance économique a été réduite considérablement par la combinaison des autres facteurs (-3,9 points de pourcentage) parmi lesquels l'effet de substitution était le plus important. Pareillement, pour les industries du transport où les effets de substitution et d'intensité énergétique combinés ont réduit considérablement l'effet de la croissance économique.

Parmi les plus importantes branches émettrices de CO₂, celle des autres industries de services publics est celle qui a enregistré le taux de croissance le plus faible de ses émissions. Ce résultat tient à la contribution de -1,6 points de pourcentage de l'effet d'intensité énergétique, suivie d'une contribution de -0,6 points de pourcentage de l'effet de substitution (chiffre qui correspond à la moyenne pour le secteur des entreprises).

Les figures 3a à 3c, qui sont produites d'après les données du tableau 1, donnent une comparaison entre branches d'activité des sources de croissance des émissions de CO₂ par unité de production. La figure 3a met en évidence la différence entre le taux de croissance annuel moyen de la production et celui des émissions de CO₂ par branche d'activité de 1990 à 1996. La croissance des émissions de CO₂, qui doit être considérée comme une mesure partielle de la productivité, représente, lorsqu'elle est inférieure à la croissance de la production, une source importante de croissance de la productivité multifactorielle si l'on comptabilise les émissions de CO₂ en tant que production indésirable.

Durant la période à l'étude, les émissions de CO₂ par unité de production du secteur des entreprises dans son ensemble, ont diminué de 1,6 %. La majorité des branches d'activité de ce secteur ont enregistré un gain d'efficacité de ce genre, à part celles des industries du transport par pipeline et des industries agricoles. Les gains sont particulièrement frappants pour les plus gros producteurs de CO₂, atteignant -3,9 % pour les industries du pétrole brut et du gaz naturel, -2,1 % pour les industries des autres services publics et une valeur plus modeste, soit -0,7 %, pour les industries du transport. Ils tiennent principalement à deux facteurs dont les effets se renforcent mutuellement, à savoir une diminution de l'effet d'intensité énergétique (figure 3b) conjugué à celui de la substitution des produits énergétiques en faveur de ceux dont l'intensité carbonique est plus faible (figure 3c).

Figure 3a. Croissance des émissions de CO₂ et de la production par branche d'activité, 1990 à 1996 (taux de croissance annuel moyen en pourcentage)



La figure 3b montre la variation de l'intensité énergétique de la production selon la branche d'activité. Les branches des industries agricoles et du transport par pipeline, qui affichent le taux de croissance le plus élevé des émissions de CO₂ par unité de production, tel que l'indique la figure 3a (3,3 % et 1,8 %, respectivement), sont aussi celles qui enregistrent le taux le plus élevé d'intensité énergétique (3 % et 1,7 %, respectivement). En revanche, la majorité des autres branches d'activité ont vu baisser l'intensité énergétique de leur production. Il semble que les branches des industries agricoles et du transport par pipeline soient les seuls gros producteurs d'émissions de CO₂ qui n'ont pas bénéficié d'une technologie permettant d'économiser l'énergie.

La figure 3c, qui donne la variation de l'effet de substitution selon la branche d'activité, reflète dans une large mesure le profil observé pour l'intensité énergétique de la production (figure 3b). La majorité des branches d'activité ont affiché un mouvement marqué des types de produits énergétiques à forte intensité carbonique vers ceux dont l'intensité carbonique est plus faible. Les branches des industries agricoles et du transport par pipeline sont les exceptions les plus importantes. Selon la figure 3d, comparativement aux effets d'intensité énergétique et de substitution, le facteur d'intensité carbonique contribue moyennement à la réduction des émissions de CO₂ par unité de production dans les diverses branches d'activité.

Figure 3b. Contribution de l'effet d'intensité énergétique à la croissance annuelle moyenne des émissions de CO₂ par branche d'activité, 1990 à 1996 (points de pourcentage)

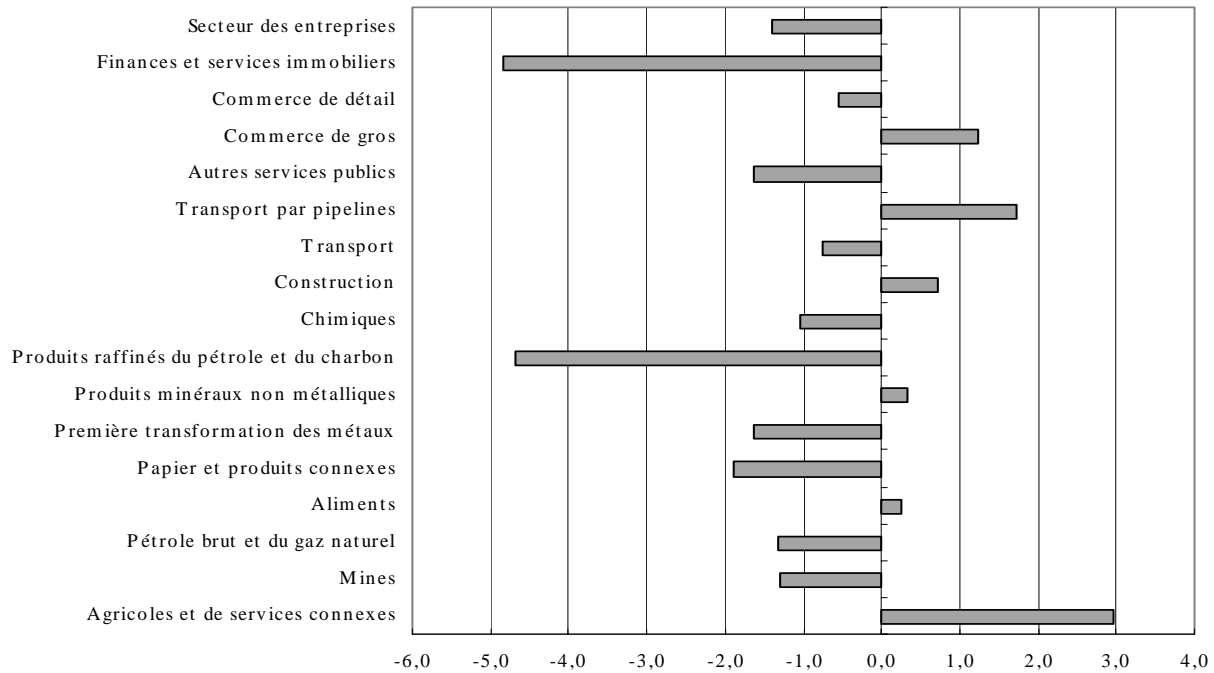


Figure 3c. Contribution de l'effet de substitution entre produits énergétiques à la croissance annuelle moyenne des émissions de CO₂ par branche d'activité, 1990 à 1996 (points de pourcentage)

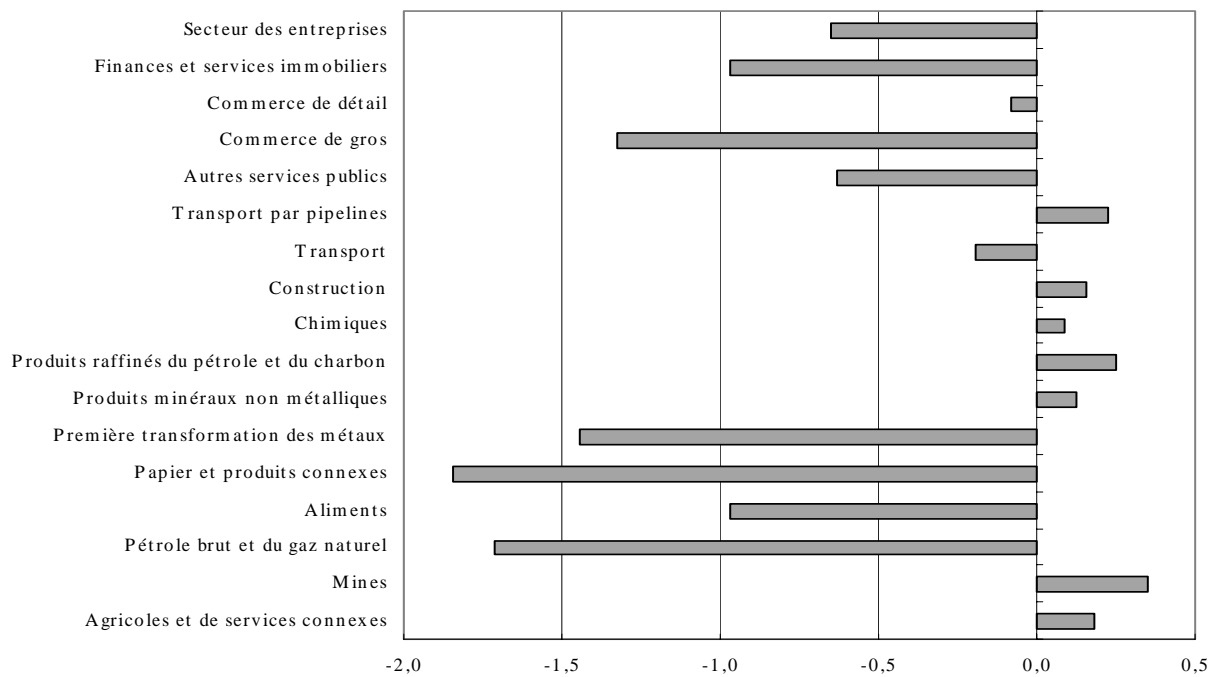
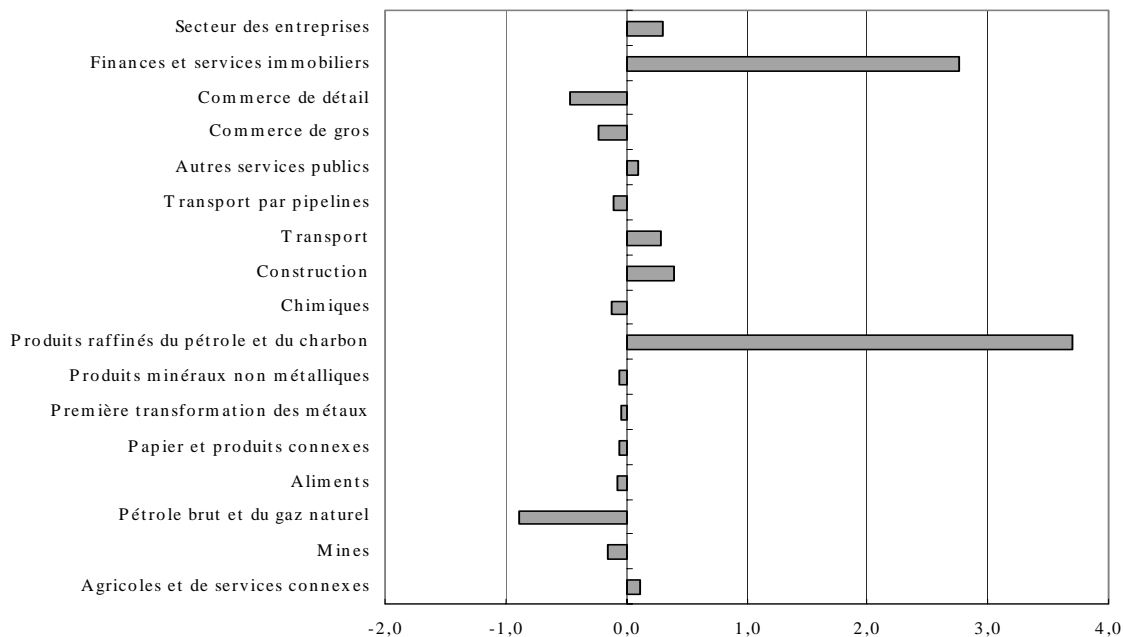


Figure 3d. Contribution de l'effet d'intensité carbonique à la croissance annuelle moyenne des émissions de CO₂ par branche d'activité, 1990 à 1996 (points de pourcentage)



V. Conclusion

Nous avons décomposé les variations observées des émissions de CO₂ par unité de production et précisé l'effet des variations de l'intensité énergétique de la production, l'effet de substitution entre diverses formes d'énergie et l'effet de l'intensité carbonique de chaque forme d'énergie. L'objectif est de mieux comprendre les tendances en jeu dans un pays dont la courbe des émissions de CO₂ par unité de production semble sur la pente descendante.

La contribution principale de la présente étude est de déterminer quantitativement quels facteurs ont été, de 1990 à 1996, suffisamment importants pour compenser l'effet de la croissance économique globale sur les émissions de CO₂. Nous dégageons certains résultats importants. Premièrement, la diminution de l'intensité énergétique contribue significativement à la réduction des émissions de CO₂ par unité de production. Ce résultat appuie l'hypothèse selon laquelle la hausse des prix relatifs de l'énergie a joué un rôle important dans la réduction de l'intensité énergétique par unité de production⁴. Deuxièmement, bien que l'effet de substitution ait contribué à la réduction du rapport entre les émissions de CO₂ et la production, son rôle a été plus modéré que celui de l'effet d'intensité énergétique. Troisièmement, la contribution de l'effet d'intensité carbonique, qui se chiffre à une hausse de 0,3 points de pourcentage, renforce l'effet de la croissance économique au lieu de la neutraliser comme le font les effets d'intensité énergétique et de substitution. Quatrièmement, la variation des émissions de CO₂ par unité de production selon la branche d'activité est due principalement à la variation de l'intensité énergétique.

⁴ De 1990 à 1996, les prix relatifs de l'énergie ont augmenté de 0,9 % par année en moyenne.

Bibliographie

Beckerman W. 1992. 'Economic growth and the environment: whose growth? whose environment?' *World Development* 20, 481-496.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement 1989 *Notre avenir à tous*, Montréal : Éditions du Fleuve.

Forrest, A.S. 1995. *A Turning Point?* In *The Environmental Forum*. Washington D.C.: Environmental Law Institute.

Harchaoui, T.M., D. Kabrelyan, et R. Smith. 2002. *Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre conventionnel d'estimation de la productivité*. Série de documents de recherche sur l'analyse économique 11F0027MIF2002007. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

IBRD, *Rapport sur le développement dans le monde 1992 : le développement et l'environnement* (New York, Oxford University Press, 1992).

Kuznets S. (1955) Economic growth and income inequality, *American Economic Review* 49, 1-28.

Meadows D. H., D. L. Meadows, J. Randers 1972. *Beyond the Limits: Global Collapse or a Sustainable Future*. Earthscan, London.

Meadows D. H., D. L. Meadows, J. Randers, et W. Behrens 1992. *The Limits to Growth*. Universe Books, New York.

Statistique Canada 1997. *Éconnexions pour lier l'environnement et l'économie, concepts, sources et méthodes du Système des comptes de l'environnement et des ressources du Canada* N° 16-505-GPF au catalogue.