

A1.1
E
778

DÉPARTEMENT DES SCIENCES ÉCONOMIQUES

FACULTÉ DES ARTS ET DES SCIENCES

LES DÉTERMINANTS DE LA DÉTÉRIORATION

DE L'ENVIRONNEMENT :

UNE COMPARAISON ENTRE PAYS

Rapport de recherche présenté à la faculté des études supérieures

en vue de

l'obtention du grade de maîtrise ès sciences (M.Sc.)

Sciences économiques

Présenté par

Gbessy Zogbo

Sous la direction de

M. André martens

29 SEP. 1998
SCIENCE ECONOMIQUES

Université de Montréal

Département des Sciences économiques

Août 1998

Remerciements

Je tiens avant tout à remercier mon Seigneur Jésus-Christ qui m'a assistée du début jusqu'à la fin de ce travail et sans lequel je n'aurais rien pu faire.

Je suis infiniment reconnaissante envers M. Martens qui m'a suivie, conseillée et encouragée tout au long de ce travail.

Tous mes remerciements à M.Dagenais qui m'a énormément aidée dans le volet empirique de ce rapport.

Enfin je voudrais remercier M.Fulai Sheng, Mehdi ainsi que tous mes frères et sœurs qui m'ont tant soutenue et aidée dans l'élaboration de ce travail.

Liste des tableaux

Tableau 1.2.1 Les 15 premiers émetteurs de CO2 au monde, 1992.....	7
Tableau 1.2.2 Les 15 premiers émetteurs de CO2 par habitant, 1992.....	9
Tableau 2.2.1 Émissions de CO2 par rapport au PIB par habitant.....	14
Tableau 2.3.1 Taux d'émission de CO2 par habitant.....	21
Tableau 3.3.1 Pays industrialisés, régression linéaire logarithmique.....	28
Tableau 3.3.2 Pays en développement, régression linéaire logarithmique.....	29
Tableau 3.3.3 Résultats de la régression en panel.....	30
Tableau I Mesure de la colinéarité des variables.....	35
Tableaux II Régression linéaire.....	36
Tableaux III Régression linéaire logarithmique.....	39
Tableaux IV Régression linéaire avec prise en compte des effets fixes.....	42
Tableaux V Régression linéaire logarithmique avec prise en compte des effets fixes..	45
Tableaux VI Régression linéaire logarithmique avec prise en compte des effets fixes sur données corrigées.....	48

Table des matières

	Page
Liste des tableaux.....	3
I Introduction.....	5
1.1 Définition de l'effet de serre.....	5
1.2 Quelques chiffres sur les plus grands émetteurs de CO2.....	7
1.3 Principales conséquences de l'effet de serre.....	10
II Recension bibliographique.....	11
2.1 Introduction.....	11
2.2 Émissions de CO2 et croissance économique.....	11
2.3 Les facteurs des émissions de CO2.....	16
2.4 La croissance économique et les émissions de CO2 au Canada.....	20
III Les déterminants de la détérioration de l'environnement.....	25
3.1 Présentation du modèle.....	25
3.2 Plan d'estimation.....	26
3.3 Résultats.....	28
3.4 Conclusion.....	31
IV Annexe.....	34
V Bibliographie.....	51

Table des matières

	Page
Liste des tableaux.....	3
I Introduction.....	5
1.1 Définition de l'effet de serre.....	5
1.2 Quelques chiffres sur les plus grands émetteurs de CO2.....	7
1.3 Principales conséquences de l'effet de serre.....	10
II Recension bibliographique.....	11
2.1 Introduction.....	11
2.2 Émissions de CO2 et croissance économique.....	11
2.3 Les facteurs des émissions de CO2.....	16
2.4 La croissance économique et les émissions de CO2 au Canada.....	20
III Les déterminants de la détérioration de l'environnement.....	25
3.1 Présentation du modèle.....	25
3.2 Plan d'estimation.....	26
3.3 Résultats.....	28
3.4 Conclusion.....	31
IV Annexe.....	34
V Bibliographie.....	51

I Introduction :

Planète, écosystèmes, ressources naturelles, pénurie, ozone, air, atmosphère, pollution etc... Ces mots nous sont plus que familiers car l'environnement suscite aujourd'hui davantage d'intérêt qu'il ne le faisait autrefois. Nous assistons à une prise de conscience croissante de l'importance du milieu dans lequel nous évoluons et nombreuses sont les mesures adoptées pour le préserver . Dans ce travail nous nous intéressons à l'environnement et, au travers d'une étude sur les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) nous examinons quel est le rôle possible des variables économiques dans la détérioration de celui-ci. Au coeur du problème des émissions de CO₂ réside celui du réchauffement planétaire. Plusieurs facteurs en sont à l'origine notamment les émissions de gaz à effet de serre dont fait partie le CO₂.

1.1 Définition de l'effet de serre

Selon le petit Larousse (1994 P934) l'effet de serre *est un phénomène de réchauffement de l'atmosphère induit par des gaz (notamment le dioxyde de carbone ou CO₂) qui la rendent opaque au rayonnement infrarouge émis par la terre.* Les auteurs Manne et Richels (Buying greenhouse insurance, 1990) nous donnent l'explication suivante :

Le climat de la terre est déterminé par l'équilibre entre énergie du soleil et énergie renvoyée dans l'espace. Environ la moitié de l'énergie solaire, entrant dans l'atmosphère, est absorbée par les nuages et les particules de l'air ou est réfléchi dans l'espace. Le reste est absorbé à la surface de la terre puis émis sous forme de chaleur. Une partie de cette chaleur plutôt que de s'échapper directement dans l'espace, est captée par des traces atmosphériques de vapeur d'eau, de CO₂ ainsi que par d'autres gaz absorbant. Ensuite cette chaleur est à nouveau émise vers la terre, d'où le réchauffement planétaire.

Ce phénomène est en réalité un phénomène physique naturel, car si ces gaz n'existaient pas, la

température moyenne globale serait inférieure de 30 degrés à la température actuelle.

Les émissions de CO₂ qui proviennent de l'activité humaine s'ajoutent au processus naturel complexe du cycle du carbone. Réduire l'accumulation de CO₂ dans l'atmosphère dépend donc en partie du contrôle des émissions, principalement de celles provenant des carburants fossiles, le CO₂ étant le résultat de la fabrication du ciment, du déboisement tropical et d'autres changements dans l'utilisation des terres.

Dans ce travail, nous nous focalisons essentiellement sur les émissions de CO₂.

1.2 Quelques chiffres sur les plus grands émetteurs de CO2 en 1992

(Combustion de carburants fossiles et fabrication de ciment)

La classification suivante nous montre les 15 plus grands émetteurs de gaz carbonique au monde, répertoriés en 1992.

**Tableau 1.2.1 Les 15 premiers émetteurs de CO2 au monde,
(Ressources mondiales 1996-1997)**

Ordre	Pays	Total des émissions de CO2 (millions de tonnes)
1	Etats-Unis	4881349
2	Chine	2667982
3	Fédération de Russie	2103132
4	Japon	1093470
5	Allemagne	878136
6	Inde	679440
7	Ukraine	611342
8	Royaume-Uni	566246
9	Canada	409862
10	Italie	407701
11	France	362076
12	Pologne	341892
13	Mexique	332852
14	Kazakhstan	297982
15	Afrique du Sud	290291

Les États-Unis, apparaissent en tête de liste suivis de la Chine et de la Russie. Le Canada se trouve «relativement» loin dans la liste puisqu'il est en 9^e position, la Chine est classée deuxième et l'Inde, quant à elle est, le sixième plus grand émetteur de CO₂. Nous notons toutefois que, lorsque nous prenons en compte l'effectif de population de chaque pays en observant les émissions de CO₂ par habitant, les résultats pour certains pays sont totalement différents et sans doute plus représentatifs de la réalité. C'est le cas par exemple du Canada qui apparaît désormais en troisième position et non pas en neuvième. La Chine et l'Inde se retrouvent au quatorzième et quinzième rangs alors qu'elles étaient respectivement à la deuxième et sixième place.

Voir tableau 1.2.1

Tableau 1.2.2. Les 15 premiers émetteurs de CO2/ habitant

(Ressources mondiales 1996-1997)¹

Ordre	Pays	Émissions de CO2/ habitant (tonnes de CO2 par habitant)
1	États-Unis	19,11152
2	Kazakhstan	17,100
3	Canada	14,35996
4	Fédération de Russie	12,964
5	Ukraine	11,781
6	Allemagne	10,379
7	Royaume uni	9,761852
8	Pologne	8,911630
9	Japon	8,8022051
10	Afrique du Sud	7,488745
11	Italie	7,142
12	France	6,310803
13	Mexique	3,831048
14	Chine	2,29021
15	Inde	0,872084

¹ Sources: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), Oak Ridge National Laboratory, 1992 Estimates of

Le choix de la prise en compte des émissions par habitant, dans toute tentative de classification des émetteurs de gaz carbonique, est donc fondamental dans l'analyse des résultats. Notons cependant que, quelle que soit la source des émissions, les conséquences sont les mêmes. En effet le problème posé par les émissions de CO₂ étant un problème de pollution globale, le pays qui émet du CO₂ n'est pas le seul à subir les conséquences de la pollution qu'il engendre. Dans la section suivante nous répertorions un certain nombre de conséquences liées aux émissions de gaz à effet de serre, afin d'avoir une idée de l'ampleur globale des effets de la pollution atmosphérique.

1.3 Principales conséquences de l'effet de serre

Les principales conséquences de l'émission des gaz à effet de serre sont les suivantes :

- augmentation de la température entraînant la fonte des glaciers expliquant à son tour, l'élévation du niveau de la mer atteignant, pense t-on, un mètre d'ici la seconde moitié du 21^e siècle.
- accélération de l'érosion des côtes.
- perte de terres agricoles cultivables ;
- dégradation des écosystèmes : pertes de biodiversité à savoir l'extinction d'espèces, pouvant être défavorables à la recherche scientifique, surtout médicale ;
- réduction du rendement des surfaces forestières ;
- conflits possibles entre les nations avec la possibilité d'une augmentation du nombre de réfugiés venant des zones polluées².

CO₂ Emissions from Fossil Fuel Burning and Cement Manufacturing Based on the United Nations Energy Statistics and the U.S Bureau of Mines Cement Manufacturing Data. Oak Ridge, Tennessee Sept 1995

Ces quelques points ne représentent qu'une faible partie de l'ensemble des prévisions faites à propos des émissions de CO2 et de leurs conséquences.

Ce sont les conséquences généralement retrouvées dans toutes les études que nous avons pris soin de relever ici, étant donné qu'il existe encore beaucoup d'imprécisions quant à l'origine même du réchauffement de la planète et surtout quant à l'ampleur de ses conséquences, la localisation de ses effets ainsi que la période de réalisation de ces effets. Cette incertitude rend le phénomène d'autant plus préoccupant. C'est ce qui nous amène à présenter quelques études concernant les émissions de CO2.

II Recension bibliographique

2.1 Introduction

En parcourant la littérature relative à la dégradation de l'environnement par les émissions de CO2, force est de constater la rareté des études sur les facteurs des émissions de CO2.

L'intérêt, en effet, se porte davantage sur les conséquences des émissions dans les années à venir. A ce propos, nombreux sont les modèles de prévision des émissions, ceux-ci généralement se basant sur des estimations, entre autres, de la croissance de la population, de la croissance économique, de l'évolution des prix du pétrole. Ces modèles ont pour objectif de déterminer la quantité de CO2 qui sera rejetée dans l'atmosphère et quels en seront les risques pour la génération présente et les générations à venir. Il existe également un nombre considérable d'études qui traitent du moyen efficace de réduire les émissions de CO2. Étant donné que la pollution est considérée comme un "mal public" ("public bad"), les économistes s'efforcent de

² J. Jacobson du Worldwatch Institute (People and Environment, 1995) parle de la création de 50 millions de réfugiés environnementaux suite à une hausse d'un mètre du niveau de la mer

déterminer le système optimal de taxation, destiné à réduire la pollution compte tenu de la présence du « resquilleur », c'est à dire de celui qui bénéficiera de cette réduction sans accepter d'en supporter le coût.

Certains auteurs, cependant, se sont intéressés aux causes ou facteurs de ces émissions de CO₂. Dans ce travail, nous présentons trois études traitant des facteurs des émissions de CO₂. Ces études mettent en évidence l'idée, généralement admise, que la croissance économique, plus précisément le taux de croissance du PIB réel ainsi que le taux de croissance de la population, sont les principaux déterminants.

La première étude porte sur les émissions de CO₂ et la croissance économique :

2.2 Émissions de CO₂ et croissance économique : Holtz-Eakin et Selden (1993).

Dans leur étude, Holtz-Eakin et Selden se sont proposés, à l'aide de données en panel, d'estimer la forme réduite de la relation entre le revenu par tête et les émissions de CO₂, puis de faire des prévisions quant aux émissions agrégées et à leur distribution parmi les différents pays.

Ils adoptent une approche intermédiaire en utilisant des données en panel, pour estimer la forme réduite de la relation entre le revenu par habitant et prévoir les émissions agrégées ainsi que leur distribution parmi les pays. Leur approche prend en considération les relations historiques entre le développement économique, la croissance de la population et les émissions de CO, ce qui n'est pas le cas pour les modèles structurels par exemple.

Pour effectuer leur travail, les auteurs ont considéré d'autres études se rapprochant du sujet. En effet, certains auteurs, tels que Grossman et Krueger (1991) s'étaient déjà penchés sur l'étude de la forme de la relation qui existe entre les émissions des polluants de l'air (particules de l'air, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre) et le revenu. Certains de ces travaux avaient conclu que cette relation était celle d'un U renversé ce qui suggère une baisse des émissions à partir d'un

certain niveau de revenu par habitant.

Holtz-Eakin et Selden ont trouvé que cette relation était intéressante pour les gaz à effet de serre (GES), surtout si le point seuil des émissions se situe à un niveau relativement faible de revenu. Dans ce cas une croissance plus rapide peut être en partie une solution au problème de ces émissions.

À première vue Holtz-Eakin et Selden ont constaté que le cas des gaz à effet de serre était différent de celui d'autres polluants de l'air tels que le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, les particules de l'air par exemple et ceci pour diverses raisons. Au niveau du coût par exemple, il est bien plus onéreux de diminuer les émissions de CO₂ que les émissions des polluants de l'air dont les effets contrairement au CO₂, se limitent uniquement aux zones locales. La particularité du CO₂ en effet est de pouvoir se déplacer d'une région à l'autre.

A cela, vient s'ajouter le problème du resquilleur qui empêche d'affirmer que les émissions de CO₂ déclinent à des niveaux plus élevés de revenu par habitant, étant donné l'absence du respect des accords de limitation des émissions dans chaque pays, ce qui est une forme de resquillage.

Paradoxalement, ils constatèrent que les émissions de GES pouvaient cependant diminuer grâce à des efforts de réduction sur d'autres polluants. Par exemple, l'établissement de standards d'efficacité énergétique pour améliorer la qualité de l'air urbain a une influence positive sur les émissions de GES. Ceci a incité Holtz-Eakin et Selden à se pencher sur le cas des émissions de CO₂, afin d'établir la relation exacte entre émissions de celles-ci et la croissance économique.

La source de données que ceux-ci utilisèrent pour les émissions de CO₂ est l'ORNL (Oak Ridge National Laboratory, 1992, Tennessee). Les données prennent en compte les émissions provenant de la consommation agrégée de carburant fossile et de la fabrication de ciment.

Les données sur le revenu par habitant et la population sont celles du Penn Mark World Tables

(Summers et Heston 1991). Leur échantillon est de 130 pays et couvre les années 1951 à 1986.

Les variables qu'ils considèrent sont :

le PIB/hab : Y_{it} , les émissions de CO2 en tonnes métriques par habitant : C_{it} , (i : indice du pays, t : indice du temps)

Le choix des auteurs après qu'ils eurent effectué plusieurs tests, s'est porté sur deux fonctions d'émission quadratiques.

La première est une fonction en niveau :

$$C_{it} = \beta_0 + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{it}^2 + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

La seconde est une forme en logarithme pour c_{it} et y_{it}

$$\ln c_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 (\ln y_{it}) + \alpha_2 (\ln y_{it})^2 + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

μ_i et γ_t étant les effets fixes pour le pays et l'année, ε_{it} étant le terme d'erreur stochastique

Les résultats pour les deux formes d'estimation sont donnés au tableau au 2.2.1 .

Tableau 2.2.1 Estimations des émissions de CO2 par rapport au PIB par habitant.

	Niveaux	Log
Intersection à l'origine	0.31797 (0.18224)	-0.40682 (0.17531)
Terme linéaire	0.15212 (0.013671)	0.52037 (0.05039)
Terme quadratique	-0.002152 (0.00034)	-0.02895 (0.01949)
R ²	0.759	0.842

Les émissions estimées augmentent initialement avec le PIB/habitant comme nous pouvons le voir avec le signe positif pour le terme linéaire, mais elles diminueront éventuellement étant donné le signe négatif, associé au terme quadratique, le seuil se situant à \$35 428 par habitant.

D'un point de vue descriptif, les estimations sont cohérentes avec une forme en U renversé de la relation émissions-production.

Les auteurs arrivent également avec la spécification logarithmique, à des résultats similaires. La propension marginale à émettre (pme) est en effet positive mais décroissante.

Dans cette deuxième spécification par contre, le seuil tel qu'estimé, se situe à un niveau nettement plus élevé de revenu par habitant : il est au-dessus de 8 millions par habitant.

En conclusion, les résultats obtenus dans les deux formes d'équation, correspondent à la relation qui a été estimée par des auteurs tels que Grossman et Krueger ou Selden et Song, concernant les polluants de l'air.

Notons que Selden et Holtz-Eakin n'ont observé à l'intérieur de l'échantillon qu'une stabilisation des émissions dans le temps, et non une diminution.

Nous pouvons remarquer en relation avec cette étude que la prise en compte des effets fixes propres au pays est importante. Les auteurs ont en effet constaté, dans l'analyse en coupe transversale, (World Development Report, 1992), qu'il y avait un biais dans les estimations de la propension marginale à émettre (pme). Leur conclusion a été que la prise en compte des effets fixes résulte en des estimés bien plus optimistes sur le long terme, que ceux obtenus dans l'analyse en coupe transversale. De plus, les implications au niveau de la distribution des émissions, varient suivant la technique statistique utilisée. Dans l'analyse en coupe transversale, les pays les plus riches, ont les pme les plus élevées tandis que la prise en compte des effets fixes suggère l'inverse. Holtz et Selden prévoient une augmentation continue des émissions de CO₂ à un taux annuel de 1.8% jusqu'à l'an 2025 (comparé à 3,2% entre 1955 et 1985) et l'expliquent par le fait de la croissance économique et démographique, qui est plus rapide dans les pays ayant les propensions marginales à émettre les plus fortes, c'est à dire dans les pays à revenus moyens et faibles.

Enfin, cette analyse souligne que les variations dans les taux de croissance économique ne conduisent pas à des changements dramatiques dans les émissions de CO₂. Elle met l'accent sur le changement global dans la distribution des émissions de CO₂. La plus grande partie de la population mondiale étant concentrée dans les pays où le revenu, la population et les émissions croissent aux taux les plus rapides.

2.3 Les facteurs des émissions de CO₂, Ogawa, Y. (1988-1989)

Cette étude fait partie d'un ensemble d'études effectuées par l'auteur, sur les causes des émissions de CO₂. Yoshiki Ogawa a sélectionné pour son étude, deux indicateurs économiques

ainsi que deux indicateurs énergétiques. La prise en compte du secteur énergétique est justifiée étant donné que la combustion des carburants fossiles est une source importante, nous l'avons dit, des émissions de CO₂.

Il s'agit d'une étude économétrique sur un échantillon de 14 pays classés en trois groupes :

- les pays industrialisés ;
- les pays de l'ex-URSS et ceux de l'Europe de l'Est ;
- les pays en développement.

L'objectif de l'auteur est de mettre en évidence la contribution de 4 principaux facteurs dans les émissions de CO₂. La période d'étude est de 1988 à 1989.

Le modèle qu'il estime est :

$$\ln C = \ln U + \ln S + \ln G + \ln P$$

C : émissions de CO₂ en tonnes de carbone.

U est la composition du carburant (CO₂/E) mesurée en tonnes par unité de consommation d'énergie (T-C/TOE) où TOE représente la consommation d'énergie en équivalent pétrole).

S représente l'intensité énergétique (E/PIB), il s'agit de la consommation d'énergie par unité de PIB (TOE/\$1000).

G représente la croissance économique .

P est la variable population.

Cette équation par la suite a été différenciée :

$$d\ln C = (C/U)d\ln U + (C/S)d\ln S + (C/G)d\ln G + (C/P)d\ln P$$

(a) (b) (c) (d) (e)

Note : Les données sur la population et le PIB réel proviennent de la Banque mondiale (1989), du Fonds monétaire international (1988) et de la CIA américaine. Le PNB réel en unité de monnaie locale a été converti en dollars US en utilisant les taux de change fixes de 1980.

Définition des variables :

- (a) = Mesure des variations des émissions de CO₂
- (b) = Mesure de la contribution des changements dans la composition du carburant
- (c) = Mesure de la contribution de la conservation d'énergie (épargne d'énergie)
- (d) = Mesure de la contribution de la croissance économique (taux de variation du PIB par habitant)
- (e) = Mesure de la contribution de la croissance de la population (dP/P)

Les résultats d'Ogawa Y. sont les suivants :

De façon globale, il y a peu de surprise quant au rôle de la croissance de la population dans l'augmentation des émissions de CO₂, qui a été plus grand dans les pays en développement que dans ceux industrialisés. Les États-Unis cependant ont été l'exception étant donné que l'expansion de sa population était en partie soutenue par l'immigration, la croissance de la population a donc eu un effet positif dans l'accroissement des émissions de CO₂.

Dans les pays industrialisés contrairement à la croissance démographique et économique, ce sont les variations dans l'intensité énergétique c'est à dire E/PIB et dans la composition du carburant, CO₂/E qui ont eu, en général, tendance à diminuer les émissions. Ces pays se sont peut-être tournés vers des sources de carburant à plus faible teneur en carbone en utilisant par exemple du gaz naturel à la place du charbon, ou alors, ont adopté des techniques plus efficaces au niveau de

l'utilisation de l'énergie (technologies engendrant moins de perte d'énergie ou nécessitant moins d'énergie).

Ce qui a contribué le plus à la baisse des émissions aux États-Unis et au Japon, a été l'intensité énergétique, tandis qu'en France et en Suède, le changement dans la composition du carburant, ou «substitution de source énergétique», a été le facteur le plus déterminant.

Depuis 1950, l'Angleterre a également bénéficié d'améliorations au niveau de son intensité énergétique ainsi que dans sa composition de carburant.

Au niveau de l'ex-URSS et des pays en développement la variation dans l'intensité énergétique ou dans la composition du carburant n'a pas contribué (malgré quelques exceptions), à réduire les émissions de CO₂.

C'est le cas, par exemple de l'ex-URSS et de l'Inde, où l'intensité énergétique a augmenté de façon significative. La Chine, par contre, a vu celle-ci chuter de façon importante. La substitution de source énergétique quant à elle, a contribué à la baisse des émissions de CO₂ pour l'ex-URSS, la République de Corée et la Malaisie. Cela n'a pas été le cas dans les autres pays en développement.

En conclusion il apparaît selon Ogawa Y. que l'intensité énergétique, ainsi que la substitution de source énergétique, sont les deux seuls facteurs pouvant être directement modifiés par des politiques destinées à réduire les émissions de CO₂ et, pour lui, ces deux facteurs continueront d'être importants dans les pays développés.

Au niveau des pays en développement, le contrôle de la population semble être le facteur-clé, dans toute politique visant à lutter contre le réchauffement global. Yoshiki Ogawa souligne néanmoins l'importance des changements dans la structure de l'industrie (exemple :

développement d'industries moins intensives en énergie) qui permettront une réduction des émissions, à moins que ces industries ne soient déplacées ce qui maintiendrait le problème entier. En ce qui concerne les résultats, l'étude de Y.Ogawa, nous permet d'entrevoir le rôle du développement économique. Il apparaît en effet une différence entre les pays industrialisés et les pays en développement, l'influence des variables explicatives sur les émissions de CO2 n'étant pas la même selon la catégorie de pays (industrialisés ou non).

C'est un point que nous avons jugé important de prendre en compte dans notre étude.

3.3 « La croissance économique et les émissions de CO2 au Canada : Facteurs et tendances de 1990 à 2000 et au-delà ». (Clark, A. et Lan Jackson, C. 1997)

Dans cette étude, la relation entre émissions de CO2 et croissance économique est de nouveau analysée. Les auteurs ont choisi de se concentrer sur le Canada. Il est utile de noter qu'il existe, au niveau du Canada, un nombre important de données disponibles, cependant les statistiques peuvent souvent être utilisées pour appuyer des points de vue différents. Par exemple le Canada est un pays relativement faible en production de CO2 par unité de demande finale d'énergie. La tendance à long terme des émissions de CO2 par rapport à la croissance est décroissante étant donnée l'augmentation dans l'efficacité de l'utilisation de l'énergie, l'orientation vers le gaz naturel, l'hydroélectricité et le nucléaire.

Paradoxalement le Canada a utilisé 70% plus d'énergie par unité de PIB que la moyenne des États-Unis ainsi que de quatre principaux pays européens.³

Nous pouvons noter de plus, d'énormes différences géographiques au Canada, qui rendent plus difficile l'interprétation des résultats au niveau du mode d'énergie utilisé, et donc au niveau de la

³ Resources future international Institute for Research on public policy, 1991, Environmental Scan, National and International Environmental issues, Canadian Council of Ministers of the Environment, 1991, p.92

propension marginale à produire du CO₂.

Il y a cependant deux faits importants au Canada :

- la combustion des carburants fossiles compte pour 94% des émissions de CO₂ au Canada.
(diminuer les émissions de CO₂ dans ce cas revient à réduire ces émissions au niveau des sources d'énergie)
- en 1991 le Canada était le 7^e producteur mondial d'émissions anthropiques de gaz à effet de serre ce qui représentait 60% des émissions de l'Inde qui était classée cinquième

Comme nous l'avons vu précédemment, si nous regardons les données par habitant les résultats sont totalement différents. Le Canada devient le deuxième producteur mondial après les États-Unis. Son taux d'émission par tête est de trois ou quatre fois la moyenne mondiale et pratiquement de 19 fois celui de l'Inde à la même période.

Tableau 2.3.1 Taux d'émission de CO₂ par habitant (Clark, A. et Lan Jackson, C.).

	Monde	Canada	USA	Inde
Total	22.672.832	410.628	4.931.630	703.550
Par habitant	4,21	15,21	19,53	0,81

La différence observable entre les États-Unis et le Canada provient certainement de l'utilisation même des carburants fossiles qui varie selon l'un ou l'autre des deux pays. En effet parmi les carburants fossiles, tous n'ont pas la même teneur en carbone. Ils varient, par conséquent, au niveau de leur taux d'émission. Le charbon produit, par exemple, 21% plus de CO₂ par unité de consommation que le pétrole et 76% plus de CO₂ par unité de consommation que le gaz naturel. Avec les chiffres suivant, nous pouvons comprendre la raison pour laquelle les États-Unis

émettent davantage de gaz carbonique que le Canada. En réalité, ils utilisent plus de carburants solides que ne le fait ce dernier.

Tableau 2.3.2 Part des carburants fossiles dans les émissions de CO2 par pays
(Clark, A. et Lan Jackson, C.).

	Canada	États-Unis
gaz naturel	31%	21%
Carburants solides (charbon)	23%	36,5%

Dans le cas de l'Inde, la part des carburants solides dans les émissions de CO2 comptait pour 70% du total des émissions, ceci dû à une utilisation massive du charbon.

Au niveau du Canada, les auteurs (Clark, A. et Lan Jackson, C.) se sont proposés d'étudier les émissions provinciales de CO2.

De façon générale, ils constatent que les émissions provinciales de gaz carbonique dépendent majoritairement de la population ainsi que de l'activité industrielle, autrement dit une forte population ainsi qu'une forte industrialisation conduisent à de fortes émissions de gaz carbonique. C'est ce que ces auteurs observent pour la province de l'Ontario, cette province la plus riche et la plus peuplée produit 30% des émissions canadiennes de CO2.

Certaines provinces, par contre, font exception à la règle. Elles mettent ainsi en évidence qu'au Canada, la source d'énergie dans la production de gaz carbonique, est importante. L'Alberta par exemple qui ne détient que 9% de la population du Canada est à l'origine d'environ 30% des émissions canadiennes de CO2. Le Québec avec le quart de la population n'est à l'origine que du huitième des émissions canadiennes.

C'est en regardant de plus près les sources d'énergie, que l'on comprend le cas de ces deux provinces faisant exception à la règle.

En effet, la production d'électricité de l'Alberta est à 80% assurée par du charbon d'où sa part importante dans la production de CO₂, tandis qu'au niveau du Québec, la production d'électricité est à 100% de source hydraulique, donc non émettrice de CO₂.

En regardant la consommation moyenne d'énergie sur l'ensemble du territoire canadien, force est de constater que le citoyen canadien utilise énormément d'énergie. Le Canada utilise plus d'énergie par tête que n'importe quelle autre nation au monde et pour les experts le problème d'émission du Canada proviendrait directement de l'inefficacité énergétique.

Dans cette étude les auteurs se sont donc intéressés à déterminer les causes de cette inefficacité, un certain nombre de facteurs a été répertorié. Premièrement le **faible prix de l'énergie** dû à l'abondance des ressources énergétiques au Canada qui a contribué à encourager l'augmentation des industries intensives en énergie telles que l'industrie de la pâte et papier, l'industrie chimique et l'industrie des métaux primaires. Deuxièmement **l'inefficacité au niveau de l'isolation des maisons** est également une conséquence du faible prix de l'énergie.

Un des autres facteurs est **la terre abondante et à bon marché**. Ceci a favorisé l'existence de banlieues à faible densité de population où vit la majorité des Canadiens. Le modèle du ménage canadien est en conséquence celui de « la maison détachée sur grand terrain » rendant par là même le transport par voiture indispensable.

Un autre inconvénient est celui de la perte d'énergie au niveau du chauffage de l'espace. Des températures extrêmement froides contribuent, en outre, à cette situation.

En tenant compte de cette caractéristique propre au Canada, les auteurs ont noté la prédominance du **secteur des transports** dans les émissions, lorsqu'il est comparé à d'autres pays. Ce secteur compte pour 31% des émissions de CO₂ au Canada, ce qui est énorme.

A cela deux principales causes ont été associées; tout d'abord **le prix faible du pétrole**, que les auteurs considèrent comme peu défendable.

Les auteurs ont toutefois ajouté à cela que baisser les émissions par une hausse du prix du pétrole serait difficilement envisageable, d'un point de vue purement politique, car cela affecterait la compétitivité canadienne par rapport à la compétitivité américaine, le prix de l'essence canadienne restant néanmoins plus élevé que le prix américain correspondant.

Ensuite **l'inefficacité du transport inter ville**. Cela s'explique par le fait que le transport routier pour les passagers mais aussi pour le fret est subventionné comparativement au transport par voie ferrée, ce dernier est plus efficace, en terme d'émissions de CO₂, pour le transport inter-ville.

La raison à cela est que les chemins de fer paient des taxes considérables de propriété sur leurs droits de passage et sont entièrement responsables pour leurs systèmes de maintenance, tandis que les cars et les camions ont libre accès aux routes canadiennes qui sont payées et maintenues par les revenus publics.

Pour en finir, l'étude de Clark, A. et Lan Jackson, C. explique les raisons pour lesquelles le Canada est un si grand émetteur de CO₂ et quelles sont les causes de l'inefficacité énergétique de ce grand pays dont le rôle dans la détérioration de l'environnement est considérable.

III Les déterminants de la détérioration de l'environnement

Dans cette section, nous nous sommes proposés de mesurer l'impact éventuel de plusieurs autres variables économiques sur les émissions de CO₂. (Parmi ces variables figurent celles communément citées c'est-à-dire le PIB et le taux de croissance de la population)

3.1 Présentation du modèle

Le modèle que nous avons choisi est le suivant:

$C/P = f(X)$ où X est le vecteur des variables explicatives.

$X = X(VAI/PIB, X/PIB, PU/P, P, E/P, PIB/P)$

Définition des variables :

C/P représente les émissions de CO₂ mesurée en tonnes métriques par habitant (Banque mondiale)

VAI: la valeur ajoutée de l'industrie par rapport au PIB

X/PIB : la part des exportations par rapport au PIB.

PU/P : mesure la concentration urbaine en pourcentage

E/P : est la consommation d'énergie commerciale en kg par habitant

PIB/P : cette variable nous donne le produit intérieur brut par habitant du pays considéré.

A priori, nous nous attendons à ce que chaque variable ait un impact positif sur les émissions de CO₂, hormis le PIB qui pourrait avoir tendance à les faire baisser, principalement dans les pays industrialisés.

Sources de données :

Les données sur les émissions de CO₂ proviennent pour l'essentiel de la Division des sciences de l'environnement du Centre d'analyse des informations sur le gaz carbonique (CDIAC) du laboratoire national d'Oak Ridge, Tennessee.

Le total des émissions est la somme du CO₂ dégagé par la consommation de combustibles solides, liquides et gazeux, le torchage du gaz (gaz dégagé au cours de l'extraction du pétrole qui est brûlé à l'air libre, pratique en passe de disparaître) et la fabrication du ciment.

Les calculs des émissions de CO₂ sont basés sur la consommation apparente nette de combustibles fossiles et sur les données sur la fabrication mondiale de ciment. Les émissions de

CO₂ sont établies suivant leur teneur en carbone. Les variables non prises en compte dans ces calculs sont la déforestation et le mazout de soute utilisé dans le cadre des transports internationaux.

VAI: la valeur ajoutée de l'industrie par rapport au PIB.

Elle comprend la valeur ajoutée des industries extractives, du secteur manufacturier, des travaux publics, du bâtiment et des secteurs électricité, eau et gaz. Les données proviennent de l'OCDE.

P: Population en millions d'habitants.

La Banque mondiale compte tous les résidents d'une économie quel que soit leur statut juridique ou leur citoyenneté . Cependant les réfugiés sont considérés comme appartenant à la population de leur pays d'origine. Les données proviennent de la Division de la population des Nations Unies, des Bureaux de statistiques nationaux et du Département géographique de la Banque mondiale)

E/P : la consommation d'énergie commerciale (en équivalent pétrole) en kilogramme par habitant. Cette variable se réfère à la consommation nationale d'énergie primaire avant la transformation de cette dernière en combustibles destinés à divers usages (électricité, produits dérivés du pétrole raffiné, etc...) et est égale à la production nationale majorée des importations et des variations de stocks et minorée des exportations et des volumes de mazouts de soute utilisés dans le cadre des transports maritimes internationaux. Elle comprend aussi les produits, principalement ceux dérivés du pétrole, destinés à des usages non énergétiques. La consommation de bois de feu, d'excréments séchés d'animaux et autres combustibles traditionnels bien qu'importante dans certains pays n'est pas prise en considération faute de données fiables et complètes.

Les données proviennent de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et des Nations unies (Energy statistics yearbook).

Ces données portent sur des formes commerciales d'énergie primaire : **pétrole** (pétrole brut, liquides extraits du gaz naturel et pétrole tiré de sources non classiques), gaz naturel, combustibles solides (charbon, lignite...) et électricité primaire : nucléaire, hydraulique, géothermique etc...

Tous les chiffres sont convertis en équivalent pétrole.

L'échantillon :

La période d'analyse s'étale sur 8 années : 1985-1992. L'échantillon est constitué de 88 pays.

3.2 Plan d'estimation

Régression sur un modèle linéaire simple

Régression sur un modèle linéaire logarithmique

Mesure de la colinéarité des variables

Régression en panel sur l'ensemble des pays (panel à effets fixes)

Test de Chow pour déterminer la pertinence d'une étude en sous échantillon.⁴

Régression sur un sous échantillon de pays regroupés en pays industrialisés et pays en développement

Dans un premier temps nous avons tout d'abord choisi la forme de notre relation en comparant plusieurs types de régressions. Étant donné les résultats, la forme logarithmique nous a semblé la plus appropriée. Cette forme qui plus est, permet souvent d'éliminer l'hétéroscédasticité. C'est pour cela que nous avons opté pour une telle forme fonctionnelle.

⁴ Ce test nous a permis de vérifier l'importance de la séparation de notre échantillon en deux sous échantillons: pays industrialisés et pays en développement.

Le premier volet de cette partie empirique consiste en une série de régressions en pooling. Autrement dit, nous avons regroupé l'ensemble de nos données sans aucune modification, puis nous avons effectué nos régressions sur l'ensemble de l'échantillon, c'est à dire sur les 88 pays. Ensuite, nous avons scindé l'échantillon en deux groupes de pays : les pays industrialisés et les pays en développement sur lesquels nous avons également effectué nos régressions.⁵

L'annexe de ce document fournit l'ensemble des résultats obtenus à partir des différentes régressions (sous forme logarithmique ou non, avec prise en compte des effets fixes ou non) cependant nous n'examinerons que les résultats obtenus avec la relation sous forme logarithmique, pour les raisons données ci-dessus.

Les variables que nous avons utilisées sous cette forme de relation sont définies de la manière suivante:

lenergi= consommation d'énergie par habitant;

lexport= part des exportations par rapport au PIB;

lindus= valeur ajoutée industrielle par rapport au PIB;

lpop= total de la population;

lpopu, lpopur= part de la population urbaine dans la population totale;

lpib, lpibe= produit intérieur brut.

⁵ Nous avons effectué le test de Chow sur la première série de régressions (linéaire simple sous la forme logarithmique) pour vérifier la pertinence de notre étude en sous échantillon. Nous avons donc testé l'hypothèse nulle d'égalité des coefficients ($H_0 : \beta_1 = \beta_2$) contre l'hypothèse alternative de non égalité des coefficients.

$[ESSr - ESSu / (k+1)] / ESSu / (n-2k-2)$. ESSr étant la somme des erreurs au carré du modèle contraint.

La valeur critique obtenue est largement supérieure au F tabulé correspondant. Par conséquent nous rejetons H_0 . Notons que nous avons vérifié ce résultat dans la suite de nos régressions.

3.3 Résultats

Tableaux 3.3.1 Pays industrialisés, régression linéaire logarithmique

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
lenergi	0.88681	17.377
lindus	0.332289	3.162
lpop	0.080472	2.127
lpopu	-0.690604	3.423
lpib	-0.059622	-1.728

Les résultats montrent de façon générale que la variable énergie a un impact positif important sur notre variable dépendante c'est-à-dire sur les émissions de CO₂ quelle que soit la catégorie de pays considérée. De façon spécifique, au niveau des pays développés, les variables lindus et lpop ont un impact positif significatif sur les émissions. Par contre les variables lpib et lpopu entraînent toute chose égale par ailleurs, une diminution des émissions. Ceci pourrait signifier qu'à partir d'un certain niveau de revenu et d'urbanisation, on observe une baisse de la pollution. Les pays concernés, à la différence des autres, peuvent investir dans des mesures de protection de l'environnement.

29 SEP. 1998

Les résultats des pays en développement sont différents en ce qui a trait à la variable l_{expor} , cette dernière devient positivement significative ainsi qu'aux variables l_{pop} et l_{pib} qui par contre ne sont plus du tout significatives.

Tableau 3.3.2 Pays en développement, régression linéaire logarithmique

Variable	Paramètre estimé	T pour H_0 Paramètre=0
l_{energi}	0.86066	34.65
l_{expor}	0.106894	2.93
l_{indus}	0.284026	4.419
l_{popu}	0.191497	4.842

Après cette première série d'estimations nous avons entamé une deuxième série de régressions et c'est ce qui constitue le deuxième volet de notre section empirique. Ici nous prenons en considération le fait de l'existence de certaines variables spécifiques au pays, non prises en compte dans la régression en pooling simple. Ceci nous permet de considérer les effets spécifiques au pays ou effets fixes tels que les lois sur la pollution par exemple.

Au lieu de grouper l'ensemble de nos données telles quelles, nous avons pris chacune des données en déviation par rapport à sa moyenne. Après avoir effectué nos régressions, nous obtenons un estimateur qu'on appelle communément l'estimateur « within ».

La démarche que nous avons suivie par la suite est la même que précédemment, c'est-à-dire que

nous avons effectué trois types de régressions, une sur l'ensemble de l'échantillon, une sur les pays industrialisés et une sur les pays en développement.

L'ensemble des résultats est présenté dans les tableaux IV à VI de l'annexe et les résultats que nous interpréterons sont ceux qui figurent dans le tableau VI.

N.B: Pour obtenir les résultats du tableau VI, nous avons éliminé les observations trop différentes de la majorité qui risquaient de fausser de façon importante nos résultats. La raison peut être la présence d'erreurs dans les données recueillies.

Le tableau ci-dessous regroupe les variables significatives:

Tableau 3.3.3 Résultats de la régression linéaire logarithmique avec prise en compte des effets fixes

	Variables significatives	Paramètre estimé	T
Pays industrialisés :	<i>lenergi</i>	<i>0.600637</i>	<i>8.578</i>
Pays en développement :	<i>lenergi</i>	<i>0.573659</i>	<i>11.538</i>
	<i>lpopur</i>	<i>0.202025</i>	<i>1.983</i>

Comme nous pouvions nous y attendre, le rôle prédominant de la variable « énergie » c'est-à-dire de la consommation d'énergie par habitant, est constamment réapparu dans les différents résultats.

Dans les pays industrialisés, une hausse de 1% de la consommation d'énergie entraîne toute chose égale par ailleurs, une hausse de 0,6% des émissions de CO2 et dans les pays en développement une même hausse de la consommation d'énergie entraîne une augmentation des émissions de CO2 de 0,57%.

Nous pouvons également remarquer le rôle positif de l'urbanisation dans la détérioration de l'environnement atmosphérique, principalement au niveau des pays en développement. En effet une hausse de 1% de la population urbaine entraîne ceteris paribus un accroissement des émissions de CO₂ de 0,20%. Ceci est certainement dû en partie, à l'accroissement de la demande de véhicules étant donnée l'augmentation des déplacements.

3.4 Conclusion :

Ce qui nous semble primordial est de toute évidence l'importance des efforts à fournir au niveau du secteur énergétique, afin de préserver l'environnement.

Comme nous avons pu le voir au cours de ce travail, de nombreuses mesures peuvent être prises pour améliorer l'efficacité énergétique. Des efforts sont réalisables dans l'utilisation de combustibles à faible teneur en carbone. Le développement de sources d'énergie non polluantes telles que l'hydroélectricité ou l'énergie éolienne par exemple qui permettraient de réduire considérablement les émissions de CO₂ surtout au niveau des PED.

Dans les pays en développement, des actions concrètes au niveau de la population urbaine serait un instrument supplémentaire pour lutter contre la pollution atmosphérique (notons que ces conclusions rejoignent celles de l'auteur Yoshiki Ogawa dans son étude sur les facteurs des émissions de CO₂).

Au regard des résultats obtenus, nous constatons que la croissance économique et la pauvreté ont effectivement un rôle à jouer dans la détérioration de l'environnement (via les émissions de CO₂).

Il est important néanmoins de noter que cette étude ne nous permet pas d'affirmer que la consommation d'énergie ainsi que la population urbaine, sont les seules variables qui ont un impact significatif sur les émissions de CO₂, il serait nécessaire dans un travail de plus longue haleine de retourner à la source de données et d'en faire une vérification plus fine que celle que

nous avons faite, il est également possible qu'il existe d'autres facteurs entrant en jeu et sur lesquels des actions concrètes pourraient être entreprises afin de réduire les émissions de dioxyde de carbone. Il faudrait aussi raffiner l'analyse économétrique, en vérifiant par exemple, si les erreurs résiduelles du modèle, relatives à chaque pays, sont autocorrélées et en tenant compte de cette autocorrélation, s'il y a lieu.

Nous avons pu nous rendre compte, tout au long de ce travail, combien la pollution atmosphérique est un problème particulier, tout d'abord parce que la nature a un rôle à jouer dans ce phénomène, il est difficile de prévoir exactement ce que sera la pollution demain ne sachant pas exactement la part du processus naturel dans les émissions de dioxyde de carbone. D'autre part la collaboration de tous les pays dans les efforts de réduction de cette pollution est loin d'être réalisée. Comme nous le disions dans l'introduction de ce travail. Il existe un sérieux problème de resquillage, on essaie d'y remédier en traitant le problème des émissions de gaz à effet de serre comme un problème de bien public et par conséquent en essayant de déterminer la taxe optimale à appliquer aux pollueurs, mais il s'avère difficile de sensibiliser tous les pays. La majeure partie des pays en développement par exemple, ne se sent pas concernée par le problème étant donné que ces pays sont peu responsables des gaz rejetés dans l'atmosphère (nous savons cependant grâce aux études prospectives que le rôle des pays en développement dans la détérioration de l'atmosphère ira en grandissant), investir dans des mesures de protection de l'environnement n'est donc pas au nombre de leurs priorités. Un homme d'État africain disait : "Comment voulez vous que nous pensions à notre lendemain en préservant notre environnement alors que notre quotidien n'est même pas assuré". (People and the environment, 1995)

Ce sont les progrès dans la recherche en ce qui concerne le phénomène d'effet de serre, ses déterminants et surtout en ce qui concerne ses conséquences pour les générations présentes et futures qui aideront à mieux répondre et à mieux se prémunir contre les risques engendrés par

cette pollution, ils permettront certainement de rassembler les pays (condition sine qua none pour résoudre le problème) autour du même objectif, celui de la protection de notre planète.

4. ANNEXE

Tableau I : mesure de la colinéarité des variables

Tableaux II : régression linéaire

A : ensemble

B : pays industrialisés

C : pays en développement

Tableaux III : régression linéaire sous forme logarithmique

A : ensemble

B : pays industrialisés

C : pays en développement

Tableaux IV : régression linéaire avec prise en compte des effets fixes

A : ensemble

B : pays industrialisés

C : pays en développement

Tableaux V : régression linéaire sous forme logarithmique avec prise en compte des effets fixes

A : ensemble

B : pays industrialisés

C : pays en développement

Tableaux VI : régression linéaire sous forme logarithmique avec prise en compte des effets fixes, pour les données corrigées

A : ensemble

B : pays industrialisés

C : pays en développement

Tableau 1 Mesure de la colinéarité des variables:

	Énergie	Export	Indust	Popt	Popu	Pib
Énergie	1					
Export	0.12771	1				
Indust	0.45952	0.33554	1			
Popt	-0.01999	-0.22098	0.09744	1		
Popu	-0.67941	0.22275	0.46095	-1.0054	1	
Pib	0.40701	-0.17205	0.06280	0.21418	0.26428	1

	lenergi	lexport	lindus	lpopt	lpopu	lpib
lenergi	1					
lexport	0.32178	1				
lindus	0.70622	0.43156	1			
lpopt	0.12748	-0.52552	0.07416	1		
lpopu	0.82338	0.35178	0.53971	0.03257	1	
lpib	0.71573	-0.16786	0.44149	0.6964	0.56210	1

Tableau II-A Régression linéaire sur l'ensemble des pays

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
Énergie	0.00228	58.214
Export	0.0032022	0.521
Indust	0.0062712	7.933
Popt	-0.000000199	-0.489
Popu	-0.005361	-1.654
Pib	0.000195	1.869
<i>R²=0,9239</i>		

Tableau II-B Régression linéaire sur les pays industrialisés

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
Énergie	0.002293	18.894
Export	0.014295	1.461
Indust	0.1303	4.116
Popt	0.00003232	1.970
Popu	0.087953	3.066
pib	-0.000821	-1.048
$R^2=0,8452$		

Tableau II-C Régression linéaire sur les pays en développement

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
Énergie	0.003021	62.422
Export	-0.002344	-1.057
Indust	0.019133	4.802
Popt	0.00000068	2.064
Popu	-0.006766	-3.224
Pib	-0.002619	-2.833
$R^2=0,9341$		

Tableau III-A Régression linéaire logarithmique sur l'ensemble des pays

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	<i>0.853049</i>	<i>39.448</i>
<i>lexpor</i>	<i>0.072184</i>	<i>2.404</i>
<i>lindus</i>	<i>0.369381</i>	<i>7.169</i>
lpop	0.025825	1.380
lpopu	0.224898	6.212
lpib	-0.10252	-0.547
	R ² =0.9646	

III-B Régression linéaire logarithmique sur les pays industrialisés

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	<i>0.88681</i>	<i>17.377</i>
lexpor	-0.032401	-0.636
<i>lindus</i>	<i>0.332289</i>	<i>3.162</i>
<i>lpop</i>	<i>0.080472</i>	<i>2.127</i>
<i>lpopu</i>	<i>-0.690604</i>	<i>3.423</i>
<i>lpib</i>	<i>-0.059622</i>	<i>-1.728</i>
	R ² =0.7931	

III-C Régression linéaire logarithmique sur les pays en développement

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	<i>0.86066</i>	<i>34.65</i>
<i>lexport</i>	<i>0.106894</i>	<i>2.93</i>
<i>lindus</i>	<i>0.284026</i>	<i>4.419</i>
lpop	-0.019092	-0.789
<i>lpopu</i>	<i>0.191497</i>	<i>4.842</i>
lpib	0.044257	1.668
	R ² =0.9491	

IV-A Régression linéaire avec prise en compte des effets fixes sur l'ensemble de l'échantillon

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>Energi</i>	<i>0.000126</i>	<i>2.075</i>
<i>Expor</i>	<i>0.047451</i>	<i>1.935</i>
<i>Indus</i>	<i>0.04893</i>	<i>3.320</i>
Pop	0.000000719	0.229
Popur	-0.0000011	-0.0065
<i>Pibe</i>	<i>0.000635</i>	<i>1.744</i>
	R ² =0.9629	

IV-B Régression linéaire avec prise en compte des effets fixes sur les pays industrialisés

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
Energi	0.00002604	0.556
<i>Expor</i>	<i>0.076788</i>	<i>3.126</i>
<i>Indus</i>	<i>0.115996</i>	<i>3.464</i>
Pop	0.000000946	0.016
Popur	-0.050061	-0.629
<i>Pibe</i>	<i>0.000788</i>	<i>1.772</i>
	R ² =0.977	

IV-C Régression linéaire avec prise en compte des effets fixes sur les pays en développement

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>Energi</i>	<i>0.000040182</i>	<i>0.658</i>
Expor	-0.00824	-0.854
<i>Indus</i>	<i>0.030057</i>	<i>1.844</i>
Pop	0.000000625	0.203
Popur	0.003915	0.469
Pibe	0.00163	0.643

V-A Régression linéaire sous forme logarithmique avec prise en compte des effets fixes sur l'ensemble des pays.

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	<i>0.56725</i>	<i>10.626</i>
lexpor	-0.000294	-0.0084
lindus	-0.096124	-1.545
lpop	0.004312	0.160
<i>lpopur</i>	<i>0.283004</i>	<i>2.481</i>
lpibe	0.000017	0.0832
$R^2=0.9942$		

V-B Régression linéaire sous forme logarithmique avec prise en compte des effets fixes pour les pays industrialisés

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	0.60063	8.578
lexpor	0.027324	0.397
lindus	0.111421	1.308
lpop	0.0122274	0.682
lpopur	0.050933	0.404
lpibe	0.0000106	0.094
R ² =0.9797		

V-C Régression linéaire sous forme logarithmique avec prise en compte des effets fixes sur les pays en développement.

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	<i>0.549866</i>	<i>9.235</i>
lexpor	-0.0033	-0.095
<i>lindus</i>	<i>-0.159362</i>	<i>-2.3</i>
lpop	-0.024516	-0.535
<i>lpopur</i>	<i>0.352654</i>	<i>2.868</i>
lpibe	0.000421	0.245
	R ² =0.9912	

VI-A Régression linéaire sous forme logarithmique avec prise en compte des effets fixes sur l'ensemble de l'échantillon (données corrigées)

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	0.584273	13.890
lexpor	-0.009415	-0.369
lindus	-0.002801	-0.058
lpop	0.003349	0.1636
<i>lpopu</i>	0.149089	1.663
lpibe	0.00001684	0.108
	R ² =0.9966	

VI-B Régression linéaire sous forme logarithmique avec prise en compte des effets fixes sur les pays industrialisés (données corrigées)

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	0.600637	8.578
lexpor	0.027324	0.397
lindus	0.111421	1.308
lpop	0.0122274	0.682
lpopur	0.050933	0.404
lpibe	0.00001	0.0944
$R^2=0.9797$		

VI-C Régression linéaire sous forme logarithmique avec prise en compte des effets fixes sur pays en développement (données corrigées)

Variable	Paramètre estimé	T pour Ho Paramètre=0
<i>lenergi</i>	<i>0.573659</i>	<i>11.538</i>
lexpor	-0.012648	-0.45
lindus	-0.042901	-0.759
lpop	-0.021814	-0.594
<i>lpopu</i>	<i>0.202025</i>	<i>1.983</i>
lpibe	0.000115	0.0832
	R ² =0.9951	

V-Annexe bibliographique

GOLDEMBERG, José. « Energy, Environment and Development »

The journal of Energy Literature III.1 1997 pp158+xvi

OGAWA, Yoshiki. « Factor analysis of CO2 emissions »

Economic activity and the greenhouse effect. The Energy Journal, vol 12, 1991, pp27-35

SELDEN, Thomas et SONG, Daqing « Is there a Kuznets curve for air pollution Emissions »

Journal of Environmental Economics and management, 27, 1994, pp147-162

MICK, K. et GRANICH, S. « Global warming and development »

People and the Environment, 1995, pp69-108

GRIP « la détérioration de l'environnement source de tensions majeures »

Les conflits verts, Bruxelles, 1992, pp82-87

CLARK, A. et LAN JACKSON, C. « Economic growth and carbon dioxide emissions in

Canada : Factors and Trends 1990-2000 and beyond. ». Climate change and North-South cooperation, 1997, pp86-106

WILLIAM CLINE, R. « The economics of global warming »

Institute for international economics, Juin 1992

The greenhouse effect climatic change and ecosystems

Warrick and Jager

MANNE, A.S. and RICHELIS, R.G. « Buying greenhouse insurance »

Working paper, Stanford University, Stanford, CA. 1990

DOUGLAS H. and SELDEN T. "Stocking the fires". CO2 emissions and economic growth, pp85-101.

- RESSOURCES MONDIALES** 1996-1997. L'environnement urbain. « Atmosphère et climat »
Chapitre 14, pp343-368
- World Development Report, 1992. Development and the environment. « Environment priorities
for development », Atmospheric changes, chapitre 2, pp61-63
- POTERBA, J.** « Tax policy to combat Global warming : or designing a carbon tax »
Global warming: Economic policy responses chapitre 3, pp72-97
- BOLIN, B. and DOOS, B.R.** « The greenhouse effect, climatic change, and ecosystems
SCOPE29
- BANQUE MONDIALE**, 1989 : World Tables Edition 1988-1989
- US CIA** 1978-1988 Handbook of Economics statistics
- US EPA**, 1989 Policy options for stabilizing global climate. chapitre 2