

M321
2 ex

**METHODOLOGIE D'EVALUATION
DE L'INCIDENCE DES COÛTS
DE DEPOLLUTION**

**ETUDE FAITE POUR
ENVIRONNEMENT CANADA
CONSERVATION ET PROTECTION
ET LE
CENTRE SAINT-LAURENT**

par Charles D. Mallory enr.

RAPPORT FINAL

JUIN 1990



SCO 2
M34M
2EX

**METHODOLOGIE D'EVALUATION
DE L'INCIDENCE DES COUTS
DE DEPOLLUTION**

**ETUDE FAITE POUR
ENVIRONNEMENT CANADA
CONSERVATION ET PROTECTION
ET LE
CENTRE SAINT-LAURENT**

par Charles D. Mallory enr.

RAPPORT FINAL

JUIN 1990



Table des matières

1.0	Introduction	1
1.1	Qui paie pour les mesures anti-pollution?	1
1.2	L'organisation du rapport	4
2.0	L'économie de la réglementation environnementale .	7
2.1	Le moindre coût de dépollution	9
2.2	Le fardeau des coûts	13
2.3	La réglementation comme un obstacle à l'entrée . .	15
2.4	Autres études sur les réactions des firmes face aux règlements environnementaux	19
2.5	L'incidence sur la firme	21
3.0	La structure théorique	23
3.1	L'incidence dans le cas concurrentiel	24
3.2	L'incidence dans le cas non-concurrentiel	31
3.3	La fonction de production Cobb-Douglas	36
3.4	L'incidence sur les facteurs de production	38
4.0	Application du modèle à deux secteurs	41
4.1	Les répercussions sur les coûts de production . . .	43
4.2	Incidence sur les facteurs de production	48
4.3	Perspectives à long terme	51
5.0	Conclusion	53
6.0	Références	57



1.0 Introduction

Les gouvernements du Canada et du Québec se sont engagés, dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent et avec l'aide des industries, à dépolluer le fleuve. Les investissements en capitaux peuvent dépasser un milliard de dollars pour les 50 grandes firmes visées. L'incidence économique de la dépollution sur ces firmes peut être substantielle, et on peut se demander si elle va nuire à leur compétitivité. L'analyse économique peut éclairer cette question, mais il n'y a pas eu beaucoup d'études pratiques sur ce sujet. Nous essaierons de combler cette lacune par la présente étude.

1.1 Qui paie pour les mesures anti-pollution?

Il est important de faire la distinction entre l'agent qui est légalement obligé de payer une taxe ou d'assumer une autre dépense, et celui qui en fin de compte en endossera le fardeau. Il a été amplement démontré dans les études sur les finances publiques que les firmes (par exemple) peuvent refiler au moins une partie du coût d'une taxe aux consommateurs de leurs produits, ou répartir ce coût sur des facteurs comme la main-d'oeuvre ou les matériaux de fabrication. La même approche peut se prêter à l'analyse d'une dépense imposée par l'Etat, comme les coûts de dépollution. Une telle analyse de l'"incidence" de ces coûts est à la base de la présente étude, qui portera dans ces exemples plus

particulièrement sur le programme d'assainissement du fleuve Saint-Laurent.

Une étude de ce genre est surtout utile en ce qu'elle permet une évaluation réaliste de la capacité d'une industrie ou d'un secteur industriel d'absorber les coûts des mesures anti-pollution. Il deviendra évident qu'une comparaison simple des profits des firmes aux coûts annuels de mesures anti-pollution s'avère peu révélatrice, à moins de poser des contraintes restrictives et, par conséquent, peu réalistes.

Cette approche est empruntée aux études sur les finances publiques, en partie déjà entérinées dans le domaine de l'économie environnementale. Cependant, les études précédentes ont utilisé des hypothèses incompatibles avec la situation, et ces modèles sont inapplicables dans la réalité.

La pire hypothèse est probablement celle voulant que le coût entier de dépollution (parfois une taxe sur les effluents) soit passé aux consommateurs (Collins, 1977; Gianessi et Peskin, 1980). Les études fondées sur cette hypothèse tentent surtout d'établir si une taxe risque de provoquer des distorsions dans l'économie ou de déterminer quelle région ou secteur de la population va assumer les coûts. Nous allons ici mettre l'accent sur les répercussions des mesures anti-pollution sur la firme elle-même. Nous nous demanderons quel en sera l'effet sur l'emploi, et

si l'effet à court terme sera tel que la firme devra fermer ses portes. Pour analyser ces questions, nous devons tenir compte de l'incidence sur les facteurs de production. L'hypothèse est toutefois inadmissible, car plusieurs industries produisent des biens pour le marché international et ont par conséquent peu de pouvoir quant aux prix. Finalement, si l'hypothèse était vraie, les répercussions sur les firmes et l'emploi seraient nulles et les mesures anti-pollution pourraient être appliquées sans égard aux coûts ni aux répercussions sur les firmes.¹

Lorsqu'il est possible de passer la plus grande part du coût aux consommateurs, on voit que les répercussions sur la firme et l'emploi sont minimales. Lorsque ce transfert est impossible, les répercussions sont plus considérables. Cette question ne pouvant être résolue par hypothèse, il faut l'évaluer.

Il faut aussi examiner les effets à court et à long terme. Les répercussions à long terme (cinq ans ou plus) sont mesurées en fonction des emplois et des salaires d'équilibre. Cependant, si la firme ne peut pas couvrir au moins les coûts variables à court terme, elle fermera ses portes et les équipements ne seront jamais adaptés, même si l'industrie pourrait être viable

¹ Ceci entraînerait une hausse du prix des produits fabriqués par des procédés polluants et les consommateurs se tourneraient alors vers des produits moins polluants, ce qui provoquerait tout de même une baisse de la production et des pertes d'emplois dans les secteurs polluants. Cette hypothèse comporte donc un vice logique.

à long terme.

Les coûts des mesures anti-pollution n'étant évidemment pas des taxes, il faut modifier légèrement l'approche basée sur les taxes. En général, les taxes sont représentées comme une augmentation des coûts sans effet sur la productivité. Plusieurs personnes voient ainsi les coûts des mesures anti-pollution. Les ingénieurs et autres spécialistes qui oeuvrent dans la technologie anti-pollution considèrent souvent que les effluents ne sont que des ressources mal gérées et que leur capture contribue à la productivité, même si elle n'est pas gratuite. Par conséquent, l'hypothèse voulant que ces coûts ne soient pas productifs exagère leur incidence sur le résultat et offre plutôt une borne qu'un chiffre exact.

Il existe toutefois une différence significative du point de vue de l'analyse économique: une taxe est remise au gouvernement, tandis que les frais de dépollution sont versés aux facteurs de production. Ceci risque de diminuer l'effet sur l'emploi, et celui-ci est pris en considération dans ce qui suit.

1.2 L'organisation du rapport

Ce rapport est divisé en trois chapitres principaux. Le premier présente une brève revue des études antérieures sur le problème de l'incidence économique des règlements environnementaux.

Une grande partie de ces études analysent des instruments qui incorporent des mécanismes d'incitation, dont les taxes ou les subventions. Ces approches n'étant d'ailleurs pas beaucoup utilisées, nous allons mettre ici l'accent sur les approches classiques de réglementation. Le comportement des firmes face aux règlements a été étudié de façon à ce qu'on puisse caractériser des réactions "optimales". Le gouvernement, cependant, peut être intéressé à l'effet de ses interventions sur l'emploi. Notre revue des études antérieures démontre que ce genre de problème n'a pas souvent été étudié.

Le modèle que nous utilisons est développé au chapitre 3. Il se compose de trois éléments. D'abord nous établissons, à partir des modèles classiques, les effets sur la quantité vendue et son prix, tant dans un marché concurrentiel que dans un marché avec concurrence imparfaite. Ceci démontre que le fardeau de la lutte contre la pollution sera partagé entre les consommateurs et les firmes.

Avec l'aide d'une fonction de production spécifique, soit la Cobb-Douglas, nous pouvons étudier plus en détail les effets sur les firmes. Il importe tout d'abord de savoir quel est l'effet sur les coûts de production. Comme nous le démontrons, c'est le rapport entre les coûts et la demande qui détermine le partage du fardeau. Nous pouvons aussi étudier les effets à court et à long terme sur l'emploi et la rentabilité des firmes. Sur ce dernier

point, il est surtout intéressant de savoir si la firme continuera de produire ou non.

Nous nous intéressons ici aux applications dans la réalité, c'est-à-dire aux modèles adaptés à des fins pratiques. Krugman (1986) évalue des modèles "calibrés" aux données de secteurs industriels particuliers (Laussel, Montet et Péguin-Feissolle, 1988; Karp et Perloff, 1989). Le modèle présenté dans cette étude ressemble en quelque sorte aux études précédentes. Bien qu'il ne soit pas élégant et fasse appel à certaines hypothèses ad hoc, il présente la seule approche qui risque d'aboutir à des résultats concrets. L'approche de la calibration des modèles consiste essentiellement à emprunter certaines données de la théorie économique auxquelles on ajoute certains calculs définis indépendamment.

Dans le chapitre 4, le modèle est calibré à deux secteurs particulièrement importants pour la réussite du Plan Saint-Laurent, ceux du papier journal et des métaux non-ferreux. Certaines conclusions sont présentées, tant en fonction des résultats qu'en fonction de la méthodologie.

Le dernier chapitre présente un résumé des idées principales soulevées dans cette étude.

2.0 L'économique de la réglementation environnementale

Nous allons tenter ici de situer notre étude dans le contexte de la théorie économique. Nous passerons en revue certains aspects de l'économie de la réglementation sur l'environnement. Nous nous concentrerons sur la réglementation classique, ou "conventionnelle", par laquelle le gouvernement assume un rôle important dans l'évaluation des technologies disponibles et dicte pour chaque secteur industriel, sinon les équipements à installer, du moins les normes à respecter, choisies soigneusement pour privilégier certaines technologies. Cette approche est de loin la plus répandue dans le domaine des règlements anti-pollution en Amérique du Nord. La plupart des études économiques appellent cette approche "command and control", ou C & C. Nous utiliserons ce sigle dans le texte qui suit.

Il ne faut toutefois pas négliger le fait que les études privilégient surtout d'autres approches, qui répondent au critère d'"efficacité" dans son sens économique: un instrument est efficace s'il n'est pas possible d'utiliser moins de ressources, dont la main-d'oeuvre, pour atteindre le but visé. Les règlements C & C ne satisfont pas à ce critère.

A cause de l'importance et de la puissance de ces résultats économiques, nous les décrirons brièvement dans la prochaine section. Ils peuvent également fournir des éléments de

base valables pour notre étude sur les préférences des firmes quant à la réglementation. Ceci nous amènera à une analyse de l'effet des règlements sur la taille des firmes. Cette analyse s'avère particulièrement pertinente dans la présente étude. Dans la dernière section, nous présenterons un résumé des connaissances acquises, ce qui fournira le point de départ d'une analyse approfondie de l'incidence des mesures anti-pollution sur l'activité des firmes.

2.1 Le moindre coût de dépollution

Les études économiques ont tellement bien démontré que la réglementation classique de "command and control" coûte plus cher (en termes de coûts des mesures anti-pollution) que les mécanismes d'incitation (tels les redevances, les droits échangeables ou des subventions axées sur la performance de l'industrie), que cette conclusion est presque devenue un dogme économique. Le premier instrument économique, celui des taxes, ou redevances sur la pollution, a été proposé par Pigou (1929). Au cours des années 50 et 60, ces constats ont été d'abord justifiés par des modèles rigoureux (Samuelson, 1954; Plott, 1966), puis par des simulations empiriques (ex.: Hass, 1970). Entretemps, Coase (1960) et Dales (1968) élaboraient des outils complémentaires, soit les subventions et les droits échangeables.

Cette conclusion fondamentale repose sur la démonstration

mathématique que les industries réglementées par un instrument de caractère économique ajustent le niveau de leurs effluents entre elles, de façon à atteindre les cibles environnementales de manière efficace. Ce phénomène se produit lorsque le coût marginal de dépollution est égal pour toutes les firmes. On trouvera une synthèse de ces approches et une démonstration rigoureuse de leurs propriétés aux chapitres 2 et 6 de l'étude de Mallory (1990).

Dans le cas des taxes, chaque firme réduira ses effluents dans la mesure où le coût marginal des mesures anti-pollution sera inférieur à la taxe. Dès que le coût de dépollution dépasse la taxe, il en coûte moins de payer la taxe. Puisque toutes les firmes feront ce raisonnement, elles vont toutes niveler leur coût marginal de dépollution sur la taxe. Le cas des subventions entraîne une réaction similaire, sauf que la firme reçoit un bénéfice pour toute réduction d'effluents qu'elle entreprend. Celle-ci accroît ses efforts de dépollution jusqu'à ce que le coût marginal engagé atteigne le bénéfice reçu. Dans les deux cas, il incombe au gouvernement de mesurer les ajustements dans les effluents qu'engendrent ces mesures: si la qualité de l'eau est encore trop mauvaise, il pourra hausser l'incitation (taxe ou subvention) jusqu'à ce que le niveau de qualité désiré soit atteint.

Les droits échangeables fonctionnent de façon légèrement différente, car le gouvernement fixe d'abord les normes de qualité

de l'environnement qu'il veut, puis il crée des droits (échangeables entre firmes) pour la quantité d'effluents compatibles à ces normes. Les droits (ou permis) peuvent être vendus ou distribués gratuitement, généralement aux firmes existantes dans ce dernier cas. Les industries dont les coûts de dépollution sont les plus élevés auront intérêt à en acheter davantage, faisant monter le prix jusqu'à ce que d'autres firmes (ayant des coûts de dépollution inférieurs) trouvent plus rentable de vendre quelques permis et d'accroître leurs mesures anti-pollution.

Pour atteindre le même niveau d'efficacité par le moyen des règlements C & C, le gouvernement devrait chercher et évaluer une quantité énorme d'informations sur les opérations de chaque firme. Comme le dit Tietenberg: "...the traditional command-and-control approach is not and cannot become cost-effective. The amount of information required by the regulatory authority if it is to establish a set of cost-effective emission standards is so high to preclude a cost-effective outcome." Les informations requises peuvent être dispersées parmi les agents intéressés ou n'existent peut-être pas. Ce thème est repris plus loin. Les mécanismes économiques incitent chaque firme à fournir les informations qui la concernent pour que la solution efficace soit trouvée. A un prix (taxe ou subvention) donné, une industrie déclare à quel niveau elle peut décontaminer ses effluents et, puisque l'incitation reste en vigueur lorsque le système est en

place, elle est ainsi encouragée à respecter sa déclaration.

L'approche "command and control" présente quelques autres aspects inefficaces. Notamment elle donne le mauvais signal aux firmes quant à l'entrée dans le marché (Page, 1973; Spulber, 1985). Ceci résulte du fait qu'on accorde normalement à chaque firme un bas niveau de pollution fixé de façon arbitraire. Cette quantité peut parfois être éliminée à un coût minime, mais pour respecter la qualité de l'eau préconisée, d'autres firmes peuvent être forcées d'appliquer des mesures anti-pollution plus dispendieuses.

Pour la même raison, on peut observer que des règlements C & C ne peuvent favoriser la croissance dans une région sans que la qualité de l'environnement soit compromise (Freeman, 1980). Le nombre de firmes qui peuvent s'installer dans la région n'est pas limité, et elles peuvent toutes produire la quantité de pollution permise par le règlement (qui, au pire, pourrait être fonction du niveau de production). On peut supposer cependant que le règlement visait une qualité de l'environnement quelconque, qui tenait compte du nombre et du niveau de production des firmes existantes. Que le règlement soit réécrit, resserrant un peu plus les normes chaque fois qu'une nouvelle industrie arrive, est à toutes fins pratiques inconcevable. Cette complication est d'ailleurs facilement réglée par des mécanismes d'ordre économique. Par exemple, un léger accroissement de la taxe sur les effluents

incitera quelques firmes à réduire un peu leurs rejets de contaminants, et la qualité du milieu sera sauvegardée. Les industries qui font face à des coûts de dépollution plus élevés, notamment celles qui venaient d'installer des équipements anti-pollution d'une capacité fixe, peuvent être exemptées à condition de payer la hausse de taxe.

Nous avons déjà dit qu'il se peut que les informations nécessaires sur les technologies de dépollution n'existent pas ou qu'on ne sache pas où les trouver. Quand les firmes paient (ou ne reçoivent pas de subventions) pour chaque unité de pollution, elles ont intérêt à chercher ou à mettre au point des technologies de dépollution plus efficaces et à s'assurer que les équipements fonctionnent comme il faut. Avec les règlements C & C, cette responsabilité incombe au gouvernement, qui assume déjà le fardeau de la surveillance des firmes. En fait, chaque firme connaissant mieux que l'organisme réglementaire les particularités de son procédé, les contraintes de ses locaux et sa situation financière, elle est mieux en mesure de faire cette recherche.

2.2 Le fardeau des coûts

La question de l'incidence des coûts de dépollution se présente déjà lorsqu'on compare les outils économiques: qui paiera? Le premier outil proposé, la taxe, est en accord avec le principe du "pollueur payeur". En 1960, quand Coase a déclaré que

les subventions (qui seront dans ce contexte fixées par unité de contaminants non rejetés) seraient aussi efficaces, il a soulevé un débat qui n'a guère été résolu, même si sa position a été validée (Burrows, 1979). Il y a toutefois une grande différence quant au revenu des agents en cause, et il va de soi que les industries favorisent l'approche des subventions.

Pour la plupart, les économistes sont d'avis que les questions touchant la distribution des ressources sont difficiles à traiter par l'analyse économique et ils ne vont donc pas plus loin. Ce débat peut d'ailleurs expliquer en partie la lenteur avec laquelle l'instrumentation économique a été adoptée: en fait, elle se distingue surtout par la quasi-inexistence de son application.

Stigler (1971) a analysé le comportement des firmes face à la réglementation. Il a trouvé diverses raisons pour lesquelles les industries pourraient souhaiter une réglementation. Elles ne sont pas toutes pertinentes à la présente étude, mais on peut examiner les deux premières raisons qu'il avance: la recherche de subventions et l'établissement d'obstacles à l'entrée de nouvelles firmes. Cette dernière raison sera examinée dans la section suivante.

Quant aux subventions, il faudrait des conditions particulières pour qu'une firme les refuse, mais l'idée de

subventionner les pollueurs n'est pas particulièrement prisée dans la population: les subventions pourraient être vues comme une récompense pour un délit. Dans le conflit qui oppose les deux cas polaires de taxes et de subventions, la réglementation classique apparaît comme un terrain neutre. Elle est moins coûteuse pour les firmes, car elles ne sont pas obligées de payer une taxe ou un droit pour la pollution encore produite. D'ailleurs elles paient (généralement) pour l'installation et l'exploitation des équipements anti-pollution, même si ce montant est plus élevé en moyenne, parce que les firmes n'égalisent pas entre elles le coût marginal de dépollution, condition essentielle pour dépolluer à moindre coût. Ainsi, il a été démontré que la valeur des droits, s'ils sont vendus aux firmes, peut largement dépasser les gains d'une répartition plus efficace des mesures anti-pollution (Palmer et al., 1980; Hahn et Noll, 1983). Dans son ensemble, le secteur industriel en question serait alors moins touché sur le plan financier. Par conséquent, lorsqu'elles ne réussissent pas à obtenir des subventions, les industries préfèrent les règlements classiques aux taxes ou à l'achat de droits. Dewees (1983) a fait une comparaison exhaustive de ces différents outils sur les firmes. Notons cependant qu'il n'a pas été démontré que toutes les firmes seraient avantagées par un tel système, et c'est surtout vrai pour celles qui auraient les coûts de dépollution les plus élevés. Les comparaisons supposent en général que chaque firme a la même taille et la même structure de coûts.

2.3 La réglementation comme un obstacle à l'entrée

Que les firmes souhaitent une réglementation de leurs activités afin d'empêcher l'entrée de concurrents est plus contestable. Buchanan et Tullock (1975) ont appliqué cet aspect du raisonnement de Stigler au domaine de la réglementation environnementale.

Leur modèle est simplifié et suppose que la production des effluents représente une proportion constante de la production, le gouvernement peut alors intervenir en imposant des quotas sur la production. Dans ce cas, le modèle de Stigler s'applique tel quel: il y aura des profits monopolistiques à récupérer à cause de la baisse de production, et les firmes existantes n'auront pas à craindre qu'une autre firme entre dans le marché, forçant une baisse de prix. A part la forte hypothèse que la seule technologie de dépollution est la baisse de production, ce genre d'intervention ne serait approprié que si la réduction d'effluents visée était de l'ordre de 10 à 20%. Cependant, une réduction de 50% et même de plus de 90% est plus souvent requise, et il existe plusieurs autres façons de réduire la pollution sans forcer la plupart des industries à fermer leurs portes. Or, l'application de l'approche des quotas sur la production étudiée par Stigler ainsi que par Buchanan et Tullock ne s'applique pas directement lorsqu'on admet l'existence des technologies de dépollution. Yandle (1984) a essayé d'évaluer les profits des firmes polluantes dans les

secteurs réglementés afin de tester l'hypothèse de Buchanan et Tullock. En gros, elle n'est pas étayée par les faits.

Une hypothèse un peu moins forte a été proposée: la réglementation classique contribue à la concentration industrielle. Selon cette hypothèse, l'entrée de concurrents n'est pas empêchée mais, étant donné le coût considérable des équipements anti-pollution, les grandes firmes grossiront aux dépens des plus petites. Etant donné que l'évaluation empirique de cette question soulève certaines difficultés méthodologiques qui se posent aussi dans le contexte de la présente étude, il nous semble justifié de les exposer.

Ce qu'on veut évaluer, c'est la taille efficace des firmes avant et après réglementation. Sur le plan théorique, ceci n'entraîne pas de problèmes, puisqu'on pose généralement l'hypothèse que la fonction de coût a la forme d'un grand U. Cependant, les courbes classiques estimées par les méthodes économétriques, comme la Cobb-Douglas ou celle des élasticités de substitutions constantes (C.E.S.), sont croissantes ou décroissantes sur toute leur longueur en termes d'économies d'échelle. Cela veut dire qu'il sera toujours plus économique de décroître à une production nulle ou de croître à une production infinie, ce qu'on n'observe pas dans la réalité. Un autre élément est en jeu, et il faut donc un autre outil pour fixer la taille de la firme. (La fonction de demande permet par conséquent de fixer

la taille de tout le secteur, mais pas la firme individuelle.) Ces courbes classiques ont toutefois des propriétés intéressantes et bien établies (Nerlove, 1967; Walters, 1968) même si l'échelle d'une firme particulière reste indéterminée. Cette question sera reprise plus en détail dans le chapitre suivant.

On a tout de même tenté de déterminer si la taille efficace d'une industrie polluante change à la suite d'une réglementation et ces essais éclairent la question des effets des règlements sur la concentration industrielle. Kohn (1988) est probablement celui qui a fait la meilleure synthèse des écrits sur la question. Les études empiriques sont contradictoires. Kohn démontre qu'en théorie, la taille des firmes doit s'accroître, mais il est probable que certaines hypothèses nécessaires au modèle théorique ne tiennent pas dans la réalité (que toutes les firmes se comportent de façon concurrentielle, par exemple).

Jusqu'ici, on peut conclure qu'il n'est pas évident que les règlements font obstacle à l'entrée des firmes. Il n'y a pas de profits exceptionnels et il n'est pas sûr qu'il y aura une concentration accrue dans le marché; par conséquent, il n'est pas évident que les industries auront intérêt à demander une réglementation. Il se peut qu'il y ait des profits à tirer d'une réglementation, mais les firmes devant assumer le fardeau de la dépollution, ces gains peuvent être submergés par les coûts supplémentaires.

Cependant, un genre de réglementation pourrait bien être rentable pour les firmes existantes. Il s'agit des règlements qui ne s'appliquent qu'aux nouvelles entreprises. La logique qui justifie cette approche veut qu'il en coûte moins cher à ces nouvelles firmes de dépolluer leur procédé, puisqu'elles peuvent le faire au stade de la conception de l'usine. D'ailleurs, si les normes anti-pollution sont très serrées, ceci peut vraiment imposer un fardeau substantiel sur les nouveaux arrivants, rentabilisant alors les vieilles usines. Maloney et McCormick (1982) ont démontré que cette approche, utilisée jusqu'à présent dans le "Clean Air Act" des Etats-Unis, a été très coûteuse en termes d'efficacité et a permis aux vieilles firmes de faire des profits supplémentaires. De toute évidence, les firmes existantes préféreront ce type de réglementation qui, d'une part ne s'applique pas à elles et, d'autre part, génère des profits extraordinaires.

2.4 Autres études sur les réactions des firmes face aux règlements environnementaux

Deux autres aspects du comportement des firmes face à la réglementation environnementale méritent d'être étudiés ici, soit l'intérêt de la firme à ralentir le processus et la réaction "rationnelle" d'une firme qui fait l'objet d'une surveillance occasionnelle et ne subit que de faibles amendes. Ces deux questions ne se rapportent pas nécessairement au choix de

l'approche classique de réglementation, mais peuvent s'appliquer à n'importe quelle intervention.

Roberts (1970) a succinctement exposé plusieurs avantages à une approche prudente, c'est-à-dire aussi lente que possible, pour ce qui a trait à l'installation des équipements anti-pollution par les firmes.

First, with government funds currently so scarce [et cela en 1970!], there is always the hope that more generous aid to industry will be available in the future. Second, delaying may lead to cost savings because research and development in pollution control may soon produce cheaper waste abatement methods. Furthermore, some of the most promising new techniques now being developed increase the capacity of the stream to absorb waste, making treatment at individual sources less necessary. Finally, any delay saves operating costs and allows the firm to use the scarce capital it would have spent on pollution control for profit-making investments. Delay may, then, be an attractive strategy for a firm, especially if it can be accomplished without the "costs" of adverse public reaction.¹

Et puis:

Given the technical difficulties involved in controlling some types of industrial wastes, the nominal appearance of cooperation can be achieved at a moderate cost by undertaking successive design and engineering studies. And, if all else fails, to some extent at least new technical problems can usually be discovered.²

En effet, il est toujours moins coûteux d'entreprendre les travaux l'année suivante que pendant l'année courante.

Ceci n'a rien d'étonnant, mais une autre conclusion,

¹ Roberts, 1970, pp. 1530-31.

² idem, p. 1531

justifiée par plusieurs modèles économiques, est plutôt décourageante. En effet, une firme sera moins tentée de s'engager dans des activités de dépollution si elle court peu de risques de se faire prendre en flagrant délit de pollution et si les amendes à payer sont faibles (Harford, 1978; Beavis et Walker, 1983). Si la firme sait que le gouvernement n'exerce pas une surveillance rigoureuse et que les amendes sont faibles, elle sera peu encline à respecter les normes. La seule motivation qui reste, comme le souligne Roberts (précité), est la réprobation du public.

2.5 L'incidence sur la firme

De cette brève revue des études économiques sur les réactions des industries face à la réglementation se dégagent certains principes généralement acceptés:

* Les firmes préféreront une réglementation qui implique des subventions ou des quotas. Ceci augmente en fait les profits des firmes.

* A défaut de ces deux outils, elles préféreront les approches les moins coûteuses, telles que la réglementation classique et l'imposition de normes plus sévères aux nouvelles firmes.

* Plus l'instrument choisi est coûteux pour la firme, plus elle résistera à son application, soit en demandant des prolongations des périodes de grâce, soit en refusant d'installer les équipements nécessaires si la surveillance et les amendes sont minimales.

Les gouvernements parlent souvent du principe du "pollueur payeur", mais on se rend compte que plus la firme doit payer, plus il est difficile de la forcer à collaborer. Les gouvernements sont aussi sensibles aux répercussions de ces mesures sur l'emploi, et craignent surtout les fermetures d'usines. Cependant, très peu d'études ont abordé cet aspect du problème et le gouvernement trouvera peu de conseils sur ce qui pourrait être une conduite efficace.

Etant donné que le gouvernement ne veut pas payer seul toute la note de la dépollution, le principe du "pollueur payeur" est en accord avec ses intérêts. Si l'on admet que le gouvernement ne veut pas forcer les firmes à fermer leurs portes, celles-ci bénéficient d'un avantage important: elles peuvent menacer de fermer si le gouvernement n'accepte pas de payer une plus grande partie de la facture ou d'abaisser les normes environnementales. Il sera alors difficile au gouvernement de savoir s'il s'agit d'une menace sérieuse ou de menaces en l'air, même quand l'industrie peut assez facilement absorber le coût de dépollution.

L'objet de cette étude est d'explorer, à partir de cas réels choisis parmi les industries polluantes de la vallée du Saint-Laurent, dans quelle mesure le gouvernement peut estimer les vrais coûts des industries, la probabilité qu'une industrie ferme et les répercussions sur l'emploi. Quant à l'instrument de

réglementation choisi, on supposera qu'il s'agit de l'outil classique de "command and control" et que les industries ne seront pas subventionnées pour se conformer aux normes.

3.0 La structure théorique

Nous analysons ici les retombées économiques d'une réglementation qui a pour but de protéger la qualité de l'environnement. Les règlements exigent le nettoyage des rejets, ce qui nécessitera l'installation d'équipements anti-pollution. Comme la production elle-même, le nettoyage des rejets exigera des investissements en capital de la part de la firme, et entraînera des frais d'opération. L'effet initial se fait sentir dans les coûts de production. Par la suite, il peut y avoir des retombées sur le marché du produit, et finalement sur la demande de facteurs de production de la part de la firme.

Le problème est abordé d'abord dans le contexte du modèle des marchés concurrentiels, le modèle de base de la théorie économique. Ensuite nous étudions ce qui arrive dans le cas de concurrence imparfaite, un modèle qui est plus représentatif de la situation actuelle, au moins où le Plan Saint-Laurent est concerné. Dans une troisième section, certains aspects théoriques de la fonction de production du type Cobb-Douglas sont présentés, car cette formulation est utilisée dans le chapitre suivant. En dernier lieu, on arrive au problème de l'incidence sur les facteurs de production.

Parmi les études faites à ce sujet, nous pouvons citer Pittman (1981) et Jackson et Leone (1977), tous les deux sur le

secteur des pâtes et papier. Pittman cherchait à établir si les règlements anti-pollution avait l'effet d'aggrandir la taille efficace des usines, tandis que Jackson et Leone étudiaient les effets en terme de la distribution régionale.

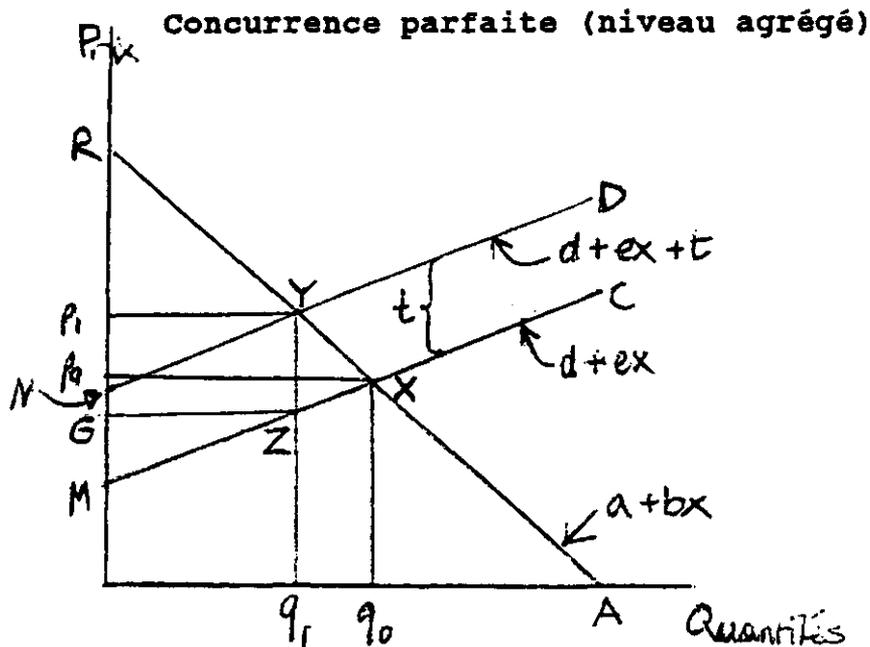
3.1 L'incidence dans le cas concurrentiel

Nous étudierons d'abord ce qui se passe au niveau agrégé, puis nous analyserons les répercussions sur une industrie située dans une région assujettie à des règlements sur l'environnement, qui subit donc des coûts supplémentaires par rapport aux firmes installées ailleurs.

L'analyse de la part (proportion du coût) d'une hausse de prix du produit absorbée par les consommateurs est classique (Musgrave, 1959; Boadway, 1979). Si l'on représente le coût des mesures anti-pollution comme un coût constant par unité de produit, au niveau agrégé l'imposition d'une réglementation provoquera un déplacement de la courbe de l'offre vers le haut, de MC à ND (voir la figure 1, page suivante).

On ne s'étonnera pas de voir que le prix monte et que la quantité baisse quand l'équilibre du marché se déplace de "X" à "Y". Le coût de production s'accroît par le montant $t=YZ$, et on peut voir que l'augmentation de prix, p_0p_1 , est moindre. Selon le diagramme, les consommateurs assument moins de la moitié de

Figure 1



AR = a + bx	fonction de revenu (demande)
MC = d + ex	fonction de coût marginal (offre) original
ND = d + t + ex	fonction de coût marginal (offre) comprenant le coût des mesures anti-pollution

l'accroissement et le reste est assumé par les firmes. Les parts dépendent du ratio des pentes (ou des élasticités dans le cas concurrentiel) des courbes AR et MC. Pour ce cas linéaire, ces parts peuvent être calculées avec précision comme suit:

L'équilibre original (p_0q_0) est défini là où l'offre est égale à la demande alors quand:

$$a + bx = d + ex$$

Résoudre pour x, qui nous donne la quantité à laquelle l'équilibre s'est établi:

$$x = \frac{d - a}{b - e}$$

Les pentes des courbes figurent dans le dénominateur. On peut trouver le prix d'équilibre en substituant "x" dans la fonction de demande (ou de l'offre):

$$p_0 = a + \frac{b (d - a)}{b - e}$$

De la même façon, une fois la taxe imposée, le nouvel équilibre peut être déterminé:

$$a + bx = d + t + ex$$

$$x = \frac{d + t - a}{b - e}$$

$$p_1 = a + \frac{b (d + t - a)}{b - e}$$

La différence entre p_0 et p_1 nous indique le changement de prix attribuable à la "taxe":

$$p_1 - p_0 = \frac{b (d + t - a)}{b - e} - \frac{b (d - a)}{b - e} = \frac{bt}{b - e}$$

Seules les pentes des courbes et la grandeur de la taxe ont de l'effet sur le changement de prix. Ce changement de prix traduit la partie du fardeau que les consommateurs devront assumer; le reste indique l'incidence sur les firmes. Pour les industries avec coûts croissants (comme nous l'avons démontrés), $b < 0 < e$, alors $1 > b/(b-e) > 0$.

La part des consommateurs est $b/(b-e)$

La part des firmes est $e/(e-b)$

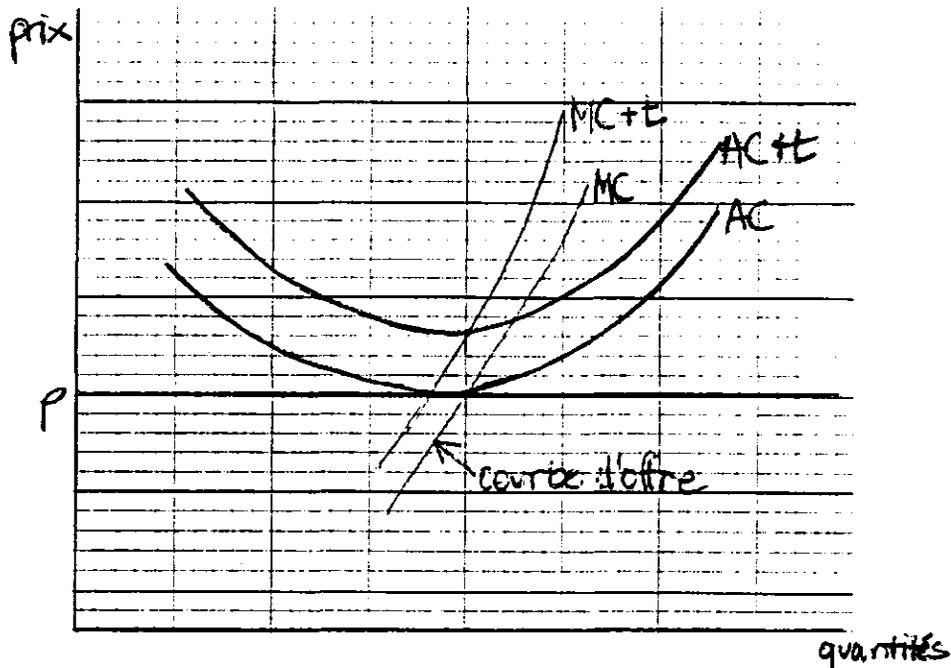
Lorsqu'on étend l'analyse du modèle du marché concurrentiel à une seule de ces petites firmes, supposant que d'autres firmes installées ailleurs ne sont pas assujetties aux coûts de dépollution, il est assez facile d'établir le résultat. Ce modèle est fondé sur l'hypothèse qu'il y a de nombreuses entreprises dans ce marché, au point où aucune ne peut avoir un effet sur les prix (ni du produit, ni des facteurs de production). Par conséquent, une petite firme fera face à une courbe de demande horizontale et la pente "b" sera zéro. Selon le calcul ci-dessus, la part des consommateurs est alors nulle.

Le problème de la firme peut être étudié un peu plus en détail. La figure 2 présente la situation où la courbe de coût moyen a l'allure d'un grand U, sa forme habituelle dans les études théoriques. La fonction de coût marginal (sa courbe d'offre) la coupe au fond et juste au prix d'équilibre original. Ce fait reflète l'hypothèse que la firme aurait ajusté son niveau de capital et d'autres facteurs de telle manière que les coûts de production soient minimisés (on est au fond de la courbe de coût moyen). La condition d'équilibre implique aussi qu'il n'y a pas de profits (à part les profits "normaux"), ce qui amènerait d'autres firmes à entrer dans ce marché.

La courbe de coût marginal est aussi la courbe d'offre de la firme. Si le prix est inférieur au coût moyen, la firme subit des pertes. Elle ne fermera pas nécessairement ses portes,

Figure 2

Concurrence parfaite (niveau de la firme)



cependant, car dans la mesure où elle génère des revenus en excès des coûts variables, la production contribue de façon nonnégative aux coûts fixes, habituellement vus comme le coût du capital, dont le niveau ne peut être ajusté facilement. Le point où la courbe de coût marginal s'arrête vers le bas indique le point où la firme cessera de produire.

Nous avons déjà établi que la firme supporte le fardeau entier des coûts occasionnés par l'installation des équipements anti-pollution dans ce cas où il existe d'autres régions qui n'applique pas des règlements semblables. L'accroissement des coûts induit une hausse des courbes de coûts et la firme subit des pertes. Si la courbe d'offre croise toujours la demande (horizontale), la firme continue de produire.

Ceci n'est pas un équilibre. L'équilibre peut se rétablir de deux façons: premièrement les corps législatifs des autres régions où sont situées les firmes en concurrence peuvent eux aussi fixer des règlements semblables, qui imposeraient la même structure de coûts sur ces autres firmes. Dans ce cas le prix grimpera, diminuant sensiblement l'effet sur les premières firmes réglementées (voir la démonstration précédente—le fardeau sera dorénavant partagé entre firmes et consommateurs). Deuxième possibilité, les industries dans la région réglementée restent les seules à dépolluer, et alors les coûts supplémentaires vont finir par forcer la faillite, parce qu'elles ne seront pas capables de remplacer leurs équipements capitaux quand ils tomberont en panne. Le marché du capital ne trouvera pas les perspectives de ces firmes intéressantes et n'accordera pas les montants nécessaires.

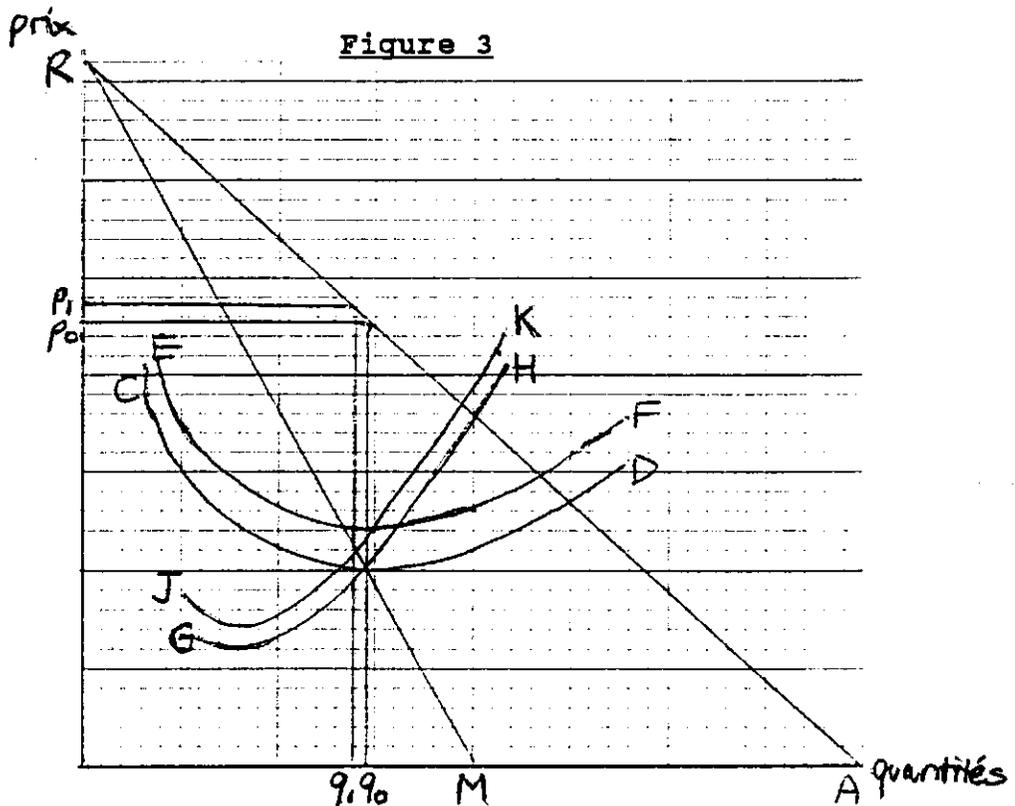
La conclusion de cette analyse laisse supposer que la première région à réglementer met en danger toutes les industries sur son territoire: la perte d'emploi sera très importante. Certaines industries, surtout celles qui sont actives dans des marchés internationaux, n'hésiteront pas à évoquer ce scénario quand elles verront venir la possibilité d'une réglementation exigeante. La seule "solution" qui s'offre, c'est que toutes les régions agissent de conserve, non seulement au sein d'un pays, mais sur le plan international. Un tel idée risque de reporter l'intervention à jamais.

Bien qu'il puisse s'appliquer dans certains cas, le modèle concurrentiel pose des difficultés de fond. Tout d'abord on peut constater qu'on n'a jamais vu la fermeture d'un secteur complet dans une région réglementée, même quand il y a eu peu d'harmonisation des interventions réglementaires entre pays. Il faut donc vérifier si les hypothèses du marché concurrentiel sont valides dans cette situation.

Une des hypothèses du modèle concurrentiel qui est souvent oubliée veut qu'il n'y ait pas de coûts de transport de douanes, ni d'autres coûts supplémentaires. C'est seulement dans ces conditions que les concurrents peuvent offrir les mêmes biens aux mêmes prix, n'importe où. La reconnaissance des seuls coûts de transport démontre que les industries sont protégées au moins partiellement contre leurs concurrents d'outre-mer. Ceci signifie qu'un modèle de concurrence imparfaite, typifié par une courbe de demande avec une pente négative, même au niveau de l'analyse d'une firme individuelle, sera plus approprié. De plus, le fait qu'il y a rarement beaucoup de firmes dans un secteur particulier vient renforcer l'idée que les marchés ne sont pas fortement concurrentiels. Ceci démontre directement que les industries ont au moins un peu de pouvoir de marché—elles pourront, par exemple, avoir un effet sur le prix quand elles changeront leur niveau de production. D'autres facteurs peuvent aussi entrer en cause, mais seulement la raideur de la pente de la courbe de demande est en question: l'hypothèse qu'elle est horizontale ne tient plus.

3.2 L'incidence dans le cas non-concurrentiel

Le nombre de firmes actives dans les secteurs industriels qui nous intéressent est souvent restreint. Dans ce cas, chaque firme ayant un certain pouvoir de marché, la courbe de demande à laquelle elles font face a une pente négative. Pour simplifier la question, nous supposons que la courbe de demande est toujours linéaire, au moins dans la région qui nous intéresse, mais la courbe d'offre sera courbée.



- | | |
|--------------------------|---|
| $AR = a + bx$ | fonction de revenu moyen (demande) |
| $MR = a + 2bx$ | fonction de revenu marginal |
| $CD = c(x)$ | fonction de coût moyen original |
| $GH = c(x) + c'(x)x$ | fonction de coût marginal (offre) original |
| $EF = c(x) + t$ | fonction de coût moyen comprenant le coût de dépollution |
| $JK = c(x) + c'(x)x + t$ | fonction de coût marginal (offre) comprenant le coût des mesures anti-pollution |

L'introduction de la concurrence imparfaite et d'une fonction plus générale pour les coûts modifient en quelque sorte l'analyse de l'incidence des coûts de dépollution occasionnés par règlement. Une firme en concurrence imparfaite essaie de maximiser ses profits, c'est à dire la différence entre les revenus totaux et les coûts totaux. Le surplus qui paraît ainsi n'existe pas dans le cas concurrentiel, où les profits (à long terme) sont identiquement nuls.

Puisque le revenu moyen est représenté par la courbe de demande, on peut calculer le revenu total (TR) en multipliant la quantité vendue ("x") par le revenu moyen.

$$TR = x (a + bx) = ax + bx^2$$

Egalement, les coûts totaux sont donnés par le coût moyen multiplié par la quantité vendue:

$$TC = c(x)x + tx$$

Alors la fonction de profit est:

$$\pi = ax + bx^2 - c(x)x - tx$$

Le maximum de cette fonction arrive où la dérivée première est zéro:

$$\frac{\delta\pi}{\delta x} = a + 2bx - c(x) - c'(x)x - t = 0$$

donc

$$t = a + 2bx - c(x) - c'(x)x$$

L'ajustement de la quantité produite et vendue varie avec la taxe, suivant

$$\frac{\delta x}{\delta t} = \frac{1}{2b - 2c'(x) - c''(x)x}$$

On peut aussi examiné l'impact de la "taxe" sur le prix par le biais de la fonction de demande. De nouveaux, on prend la dérivée par rapport à t:

$$p = a + bx(t)$$

donc

$$\frac{\delta p}{\delta t} = b \frac{\delta x}{\delta t}$$

On peut substituer la valeur déjà calculée pour la variation de la quantité en fonction de la "taxe" ($\delta x/\delta t$), donc:

$$\frac{\delta p}{\delta t} = \frac{b}{2(b - c'(x)) - c''(x)x}$$

Notre résultat peut être comparé au résultat d'un marché concurrentiel, si on suppose que la fonction de coût a une forme linéaire, donc le deuxième dérivée est nulle. Ceci révèle que le changement du prix ne serait que la moitié de celui établi dans le cas concurrentiel (niveau agrégé). Cependant la valeur de b est maintenant positive, et la firme ne devra donc pas absorber tous les coûts de dépollution, comme c'était le cas pour une seule petite entreprise.

Afin de mettre le point sur le cas qui sera le plus util pour l'analyse de cas réels dans le chapitre suivant, nous devons noter qu'en situation de coûts de production décroissants avec le niveau de production, les résultats suivants tiennent (toujours dans le cas linéaire):

$$\delta p / \delta t = 1 \quad \text{si} \quad c' / b = \frac{1}{2}$$

$$\delta p / \delta t > 1 \quad \text{si} \quad \frac{1}{2} < c' / b < \frac{1}{2}$$

$$\delta p / \delta t < 1 \quad \text{si} \quad c' / b < \frac{1}{2}$$

C'est le dernier cas qui va nous concerner, donc les coûts de dépollution seront partagés entre les consommateurs et les firmes.

Puisque l'objet de l'exercice est d'appliquer ce modèle, il faut prendre en considération certaines difficultés. L'une est d'ordre théorique, deux autres sont de caractère technique.

Il ne faut pas négliger le secteur externe, surtout au Canada. Il y a peu de doute qu'une certaine concurrence arrive de l'extérieur du Québec. Au point de vue économique, ceci implique que le modèle de concurrence imparfaite doit être associé avec un modèle d'échange international.

Malheureusement, les modèles d'échange international avaient incorporé l'hypothèse de concurrence parfaite jusqu'à tout récemment (Krugman, 1986; Markusen et Venables, 1988). L'incorporation des modèles de concurrence imparfaite est devenu un thème à la mode pendant les années 80, et plusieurs approches différentes ont été proposées, souvent avec des résultats contradictoires. Aucun consensus ne s'est formé quant à l'approche qui serait théoriquement la plus solide et dont les résultats seraient fiables. Ceci nous laisse pratiquement sans guide théorique. Nous ne serons pas les premiers à combler ce vide avec

des hypothèses ad hoc.

Le premier problème d'ordre technique qui se pose est que les résultats théoriques décrits ci-dessus supposent l'existence d'une courbe de coût moyen en forme de grand U (qui signifie coûts décroissants mais par la suite croissants, en fonction de la production). Dans le modèle de concurrence parfaite, c'est la seule forme qui pourrait produire un résultat unique. Si la courbe avait tendance à croître ou à décroître, chaque firme pourrait également accroître ses profits en réduisant ou en augmentant sa production, respectivement. Les firmes seraient alors infiniment petites ou infiniment grandes. Pour le secteur industriel dans son ensemble, la demande à un prix donné est finie, et par conséquent, ces deux "solutions" ne sont pas compatibles avec le modèle.

Ce problème, dont nous avons fait mention dans le chapitre précédant, s'aggrave lorsqu'on utilise des fonctions estimées. Les fonctions de production standard, tels le Cobb-Douglas et l'élasticité de substitution constante (C.E.S.), ne donnent pas une fonction en U. Voilà qui finit de miner la crédabilité de l'approche concurrentielle. Ces fonctions de production standard ne permettent pas d'estimer à la fois la structure des coûts d'une industrie et la structure du marché (le nombre de firmes actives ou la taille des firmes). Nous exposons ce problème en détail dans la section suivante, lorsque nous étudions des aspects théorique de la fonction Cobb-Douglas.

3.3 La fonction de production Cobb-Douglas

Une fonction de production représente la technologie de la firme. Une fonction de production Cobb-Douglas est décrite par:

$$Q = AL^{\alpha}K^{\beta}$$

où Q est la quantité du produit
L est la quantité de la main-d'oeuvre
K est la quantité capital
A est un constant
 α est le coefficient de la main-d'oeuvre
 β est le coefficient du capital

Nous faisons ici l'hypothèse que les facteurs de production s'échangent dans les marchés concurrentiels, mais que l'industrie a un certain pouvoir de marché. En conséquence, le prix devient une fonction de la quantité produite. La maximisation de la fonction de profit s'exprime de la façon suivante:

$$\pi = p(Q)Q - wL - vK - \phi(AL^{\alpha}K^{\beta})$$

où w est le salaire
v est le gain de capital
 ϕ est le multiplicateur de Lagrange

On peut observer que les coûts de production sont soustraits des revenus, le tout contraint par la fonction de production (la technologie disponible à la firme), modifiée par un multiplicateur de Lagrange. Nous pouvons trouver le maximum de cette fonction à partir des conditions de premier ordre:

$$\frac{\delta \pi}{\delta K} = p + Q \frac{\delta p}{\delta Q} - \phi = 0$$

$$\frac{\delta \pi}{\delta L} = w - \phi \alpha \frac{Q}{L} = 0$$

$$\frac{\delta\pi}{\delta K} = v - \phi\beta \frac{Q}{K} = 0$$

Le multiplicateur de Lagrange, ϕ , n'est pas observable empiriquement, donc il serait convenable de l'éliminer. La première de ces équations peut être réécrite comme:

$$\phi = p + Q \frac{\delta p}{\delta Q}$$

En multipliant le dernier terme par $1/p$, nous aurons l'inverse de l'élasticité de demande (le changement de quantité provoqué par un changement de prix—défini ici par σ), donc:

$$\phi = p(1 - 1/\sigma)$$

Nous pouvons substituer cette valeur dans les deux autres équations, établissant le salaire et le gain moyen du capital en termes de variables observables.

$$w = \alpha \frac{pQ}{L} (1 - 1/\sigma)$$

$$v = \beta \frac{pQ}{K} (1 - 1/\sigma)$$

Ces deux équations peuvent être réécrites:

$$\alpha = \frac{wL}{pQ} \{(\sigma/(\sigma-1))\}$$

$$\beta = \frac{vK}{pQ} \{(\sigma/(\sigma-1))\}$$

Donc la somme des deux est:

$$\frac{\alpha + \beta}{\{(\sigma/(\sigma-1))\}} = \frac{wL + vK}{pQ}$$

Le côté droit n'est que les coûts totaux divisés par les revenus totaux, en fait la proportion des revenus absorbé par les paiements aux facteurs de production. Le côté gauche consiste de paramètres qui seront dans la même proportion.

Cette équation est de première importance. Elle pourrait être utilisée afin de calculer les coûts moyens de production dans un cas de concurrence imparfaite, en fonction de variables et de paramètres observables ou connus. Ceci nous donne le point de départ pour les calculs empiriques qui suivent.

3.4 L'incidence sur les facteurs de production

En général, les études dans le domaine des finances publiques s'arrêtent a la répartition du fardeau entre les consommateurs et les firmes et la question de les effets sur la firme et les facteurs de production tels que la main-d'oeuvre, le capital et les ressources, n'est pas étudié. Dans tous les cas présentés ci-dessus, la production est réduite, ce qui implique une diminution des besoins en termes de facteurs de production.

La demande de la part de la firme pour les facteurs dépend du produit marginal de chacun en termes de revenu. Autrement dit, quelle est la contribution au revenu d'un facteur donné quand les niveaux des autres facteurs sont fixés. Comme il est difficile, à court terme, d'ajuster la quantité de capital, il

est probable que les coupures en main-d'oeuvre seront plus fortes que les valeurs d'équilibre à long terme. Les gains totaux des facteurs sont constants dans le cas Cobb-Douglas (Walters, 1968; Henderson et Quandt, 1958).

Les équations suivantes (légèrement réécrites) ont été développé dans la section précédente:

$$wL = \alpha pQ (1 - 1/\sigma)$$

$$vK = \beta pQ (1 - 1/\sigma)$$

Si nous divisons l'une par l'autre, nous aurons les gains totaux de la main-d'oeuvre en rapport aux gains totaux du capital. A cause du côté droit, ce rapport a une valeur fixe.

$$\frac{wL}{vK} = \frac{\alpha}{\beta}$$

Il est une propriété de cette fonction de production que les coefficients donnent les parts des facteurs par rapport au total. Les parts des facteurs sont constantes et indépendantes du niveau de production.¹

La part de la main-d'oeuvre est $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$

La part du capital est $\frac{\beta}{\alpha + \beta}$

A court terme, on peut supposer que w et K sont

¹ Dans le cas concurrentiel, où $\alpha + \beta = 1$, α et β représentent directement les parts des facteurs. Ce cas produit aussi les retours à l'échelle constante.

constants, le premier parce qu'il est régi par une convention collective, le dernier parce que des équipements déjà installés n'ont pas d'autre utilisation.

$$\frac{L}{v} = \frac{\alpha K}{\beta w}$$

L et v varient de façon proportionnelle. Puisque le salaire est fixé, c'est la quantité de main-d'oeuvre qui doit être ajustée. v représente ici le gain moyen du capital, qui devrait être égal au taux d'intérêt à l'équilibre. Les paiements sur les obligations seront fixés à court terme et par conséquent la perte sera subie par les actionnaires. Pour une industrie en concurrence, si la part des actionnaires (par rapport à la part des obligations) est moindre que la variation des coûts totaux, la firme fermera ses portes. A cause du surplus généré, l'analyse est un peu plus compliquée dans le cas non-concurrentiel, ce qui sera analysé lors des cas spécifiques sont étudiés.

4.0 Application du modèle à deux secteurs

Dans ce chapitre, nous allons calibrer le modèle à deux secteurs industriels particulier, soit ceux des pâtes et papier et des métaux non-ferreux, tous les deux pour la Province de Québec. Le quart des usines visées par le Plan d'action Saint-Laurent sont dans le secteur du papier journal. En fait, il s'agit d'un sous-secteur des pâtes et papier, qui est un secteur de trois chiffres dans le code CTI de Statistique Canada. Les 12 usines de ce sous-secteur représentent la grande majorité de la production des 21 usines de pâtes et papier dans tout le Québec. Aucun autre secteur n'a une telle importance pour le succès du Plan Saint-Laurent. Il sera donc particulièrement intéressant de l'étudier en détail. De plus, à cause de l'envergure de ce secteur dans l'économie du Québec, il est plus facile d'obtenir des données.

Dans d'autres secteurs, qui ne comptent qu'une ou deux usines, les chiffres sur les coûts de production sont mélangés avec ceux des secteurs plus ou moins proches. Cette dilution des données a pour effet de réduire la qualité des données et la fiabilité des résultats. Ce problème se pose tout particulièrement dans le secteur des produits chimiques, où presque chaque usine produit un bien différent. Comme il est moins marqué dans le secteur métallurgique, nous allons étudier un deuxième cas dans ce secteur.

L'analyse se fait en quelques étapes. D'abord, nous estimons les coûts moyens de production, avant et après les coûts de dépollution, afin de calculer la hausse des coûts de production. Par la suite, les répercussions sur le prix et la quantité produite seront calculées à l'aide d'une fonction de demande estimée par Karikari (1988). Dans la deuxième section de ce chapitre, les répercussions à court terme sur l'emploi et le revenu du capital seront calculées. Dans la troisième section, les effets à long terme seront analysés et certaines conclusions seront tirées, tant sur la méthodologie et les données que sur les résultats des calculs.

4.1 Les répercussions sur les coûts de production

Nous ferons tout d'abord un estimé des répercussions qu'aura la mise en place des équipements anti-pollution sur les coûts de production. Malheureusement Statistique Canada ne publie des statistiques sur les coûts variables spécifiques au secteur du papier journal au Québec que depuis 1982. Pour les années antérieures, les résultats de toutes les usines de pâtes et papier du Québec (il y en a plus de 50) sont confondus. Bien que cela ne permette pas beaucoup d'observations, le niveau de désagrégation de ces données est excellent. Les données sur la production brute du sous-secteur du papier journal au Québec existent depuis plus longtemps. En émettant l'hypothèse qu'une fonction de production estimée dans la littérature économique est bonne, toutes les

données nécessaires pour calculer le coût moyen de production avant l'installation des équipements anti-pollution sont disponibles.

Pour le secteur des métaux non-ferreux, Statistique Canada ne publie pas les résultats qu'au niveau de l'agrégation de trois chiffres (du code CTI). Ceci mêle le cuivre, le zinc et l'aluminium, mais en fait il n'y a que 12 usines sur la liste et elles sont toutes visées par le Plan d'action Saint-Laurent. De plus, les fonctions de production disponibles dans d'autres études économiques étant au même niveau d'agrégation, on peut se servir de ces données même si elles comportent un certain degré d'erreur d'agrégation.

Le calcul des coûts moyens de production commence à partir de l'équation suivante, élaborée dans le dernier chapitre:

$$\frac{\alpha + \beta}{\sigma - 1/\sigma} = \frac{wL + vK}{pQ}$$

où Q est la quantité du produit
L est la quantité de la main-d'oeuvre
K est la quantité capital
 α est le coefficient de la main-d'oeuvre
 β est le coefficient du capital
w est le salaire
v est le gain de capital
 σ est l'élasticité de la demande

Du côté droit de l'équation, on observe les coûts de production dans le numérateur, tandis que le revenu total paraît dans le dénominateur. Ce ratio, approximativement constant dans une région donnée, est donné par la valeur du côté gauche, qui

consiste en paramètres qui sont par hypothèse constants, au moins dans la région qui nous intéresse. Les paramètres α et β sont les exposants pour la main-d'oeuvre et le capital dans la fonction de production Cobb-Douglas: les valeurs utilisées ici sont tirées de Narasimham, Swamy et Reed (1988). σ est l'élasticité de demande: les valeurs estimées sont tirées de Karikari (1988). Pour le secteur du papier, les valeurs des paramètres sont:

$$\alpha_p = 0,529 \quad \beta_p = 0,838 \quad \sigma_p = 2,26$$

et pour le secteur métallurgique:

$$\alpha_m = 0,852 \quad \beta_m = 0,371 \quad \sigma_m = 2,39$$

Les valeurs du côté gauche, calculées à partir de ces paramètres, sont:

$$\text{papier: } 0,762 \quad \text{métaux: } 0,711$$

La balance des revenus représente les profits: ces résultats indiquent une concurrence imparfaite dans les deux secteurs, comme on s'y attendait. Bien que les surplus calculés ainsi semblent être élevés, un calcul direct du rapport entre valeur ajoutée et valeur des ventes à partir des données de Statistique Canada donne des résultats encore plus élevés. Le secteur des métaux non-ferreux au Québec comprend plusieurs usines d'aluminium, mais juste une ou deux de cuivre et de zinc. Par conséquent, les résultats sont plus valides pour le secteur de l'aluminium que pour les deux derniers.

Les données de l'année la plus récente, 1986, sont utilisées pour le calcul de l'effet du coût associé avec

l'installation des équipements anti-pollution. Les données concernant le coût d'installation et l'exploitation des équipements sont calculés utilisant les données dans le rapport du ministère de l'Environnement du Québec 1988 et SNC 1986. Les calculs, réduisant ces estimés bruts à des coûts par tonne de production, donnent les résultats suivants:

Tableau 1

Coût moyen par tonne de production

	<u>Papier journal</u>	<u>métaux non-ferreux</u>
Coût unitaire (1986)	564	1098
Coût unitaire avec dépollution	594	1186 ¹
Hausse (%)	5,3	8,0

Selon les études précédentes, les deux secteurs montrent habituellement des retours à l'échelle croissants, bien qu'on soit parfois en droit de supposer que les retours à l'échelle sont constants (Walters, 1968; Nicholson, 1978; Harris et Cox, 1984). Les fonctions de production utilisées ici, tirées de Narasimham, Swamy et Reed (1988), démontrent des retours à l'échelle croissants de 1,367 dans le cas des pâtes et papier et de 1,223 pour les métaux primaires, c'est-à-dire que si on accroît les entrants de 10%, la production s'accroîtra de l'ordre de 12 ou 13%.

¹ Ces investissements visent surtout à décontaminer les émissions dans l'air, ce qui ne touche pas directement la qualité du fleuve.

Ainsi, quand on réduit la production face à une hausse des coûts occasionnée par l'installation d'équipements anti-pollution, le coût unitaire de production augmente aussi, forçant un resserrement additionnel de la production. Nous avons vu dans le dernier chapitre qu'une firme qui a un pouvoir de marché quelconque égalisera le coût marginal au revenu marginal. Les élasticités de ces courbes (dans ce cas le changement des quantités en réponse à des changements de prix ou de coûts) peuvent être calculées à partir des retours à l'échelle et de l'élasticité de la demande. Proches au point de départ, ces relations peuvent être interprétées de façon linéaire.

Puisque la fonction de revenu marginal est plus raide que celle de la demande, l'effet sur la quantité produite est moins marqué et les consommateurs du produit absorbent une partie du fardeau. A partir des paramètres précités, nous présentons les résultats sont présentés au tableau 2, à la page suivante.

Dans les deux cas, la hausse des coûts due au programme de dépollution entraîne une réduction de la production d'à peu près du même ordre. Puisque la pente de la courbe de demande est relativement faible (indiquant qu'il reste encore un degré de concurrence de l'extérieur), la hausse du prix en pourcentage est plus faible que la hausse des coûts, mais la base est plus grande. Les calculs indiquent que le secteur des pâtes et papier serait capable de passer 76% du "fardeau" du coût des investissements et

Tableau 2

Effets du programme de dépollution sur le prix et la quantité produite

	<u>Papier</u>	<u>Métaux</u>
Elasticité de la demande	2.26 ²	2.39 ²
Elasticité du revenu marginal	0.63	0.695
Elasticité des coûts	0.223	0.367
Hausse des coûts (tableau 1)	5.3%	8.0%
Réduction de la quantité produite	6.2%	7.5%
Hausse de prix	2.75%	3.15%
Part des consommateurs	76%	57%

de l'exploitation des équipements anti-pollution aux consommateurs du produit, tandis que les industries métallurgiques peuvent refiler 57% de ces coûts. Nous avons fait mention du fait que par hypothèse les dépenses anti-pollution ne sont pas productifs dans le sens qu'elles ne contribuent d'aucune façon à la productivité de la firme, ce qui n'est pas vrai. De l'autre côté, les élasticités de demande utilisées ici n'étaient pas estimées pour la partie de ces secteurs située au Québec, même si ces derniers sont dominant au Canada (pour le papier journal et l'aluminium). Les chiffres ne devront pas être considérés comme exacts. Nous poursuivrons dans la prochaine section l'analyse de la part des firmes.

² Tiré de Karikari (1988)

4.2 Incidence sur les facteurs de production

Nous étudierons d'abord les répercussions à court terme des mesures anti-pollution sur le niveau de l'emploi. Puisque ces mesures sont aussi des coûts, en ce sens qu'une partie de la main-d'oeuvre sera y affectée, nous nous intéressons ici au changement dans les coûts totaux, et non à la réduction de la production. Il y aura une baisse d'emploi dans la production, mais il faudra ouvrir plusieurs postes pour faire fonctionner les équipements anti-pollution. L'hypothèse implicite (associée à la fonction de production) est que les proportions des facteurs utilisées dans la dépollution sont les mêmes que dans la production.

A partir de tableau 2, on peut vite calculer que les coûts totaux ont baissé de seulement 3,6% dans le secteur du papier et de 4,6% dans le secteur métallurgique. La quantité vendue est moindre, mais le prix a augmenté. Dans le dernier section du chapitre précédant, nous avons remarqué que les parts des facteurs sont constant. Si les salaires sont constants, ces chiffres reflètent une baisse d'emploi.

Pour le capital, la même logique ne s'applique pas. Les équipements de production ne peuvent pas (pour la plupart) être simplement réaffectés à la décontamination des rejets. Dans ce cas les gains du capital diminueront donc proportionnellement à la baisse de la production.

Cependant, comme nous l'avons observé dans le chapitre précédent, quand le marché n'est pas concurrentiel, il y a un surplus créé au delà des coûts de production. Les coûts de production représentent les gains des facteurs proprement dits. Il se peut que le surplus revienne entièrement aux propriétaires, ou qu'elle soit divisée entre les propriétaires et les facteurs productifs, notamment la main-d'oeuvre.

Ce surplus est également réduit à la suite du programme de dépollution, tant à cause de la baisse de production que du fait que les coûts ont monté plus vite que le prix. Pour les deux secteurs étudiés, cependant, cette quantité est encore très importante par rapport aux nouveaux investissements. Ceci est démontré par le fait que les prix de vent moyen sont encore plus élevés que les coûts, même avec dépollution. Une partie importante du fardeau (à court terme) tombe ici.

Même si les firmes dans ces secteurs bénéficient de surplus importants, il se peut que leurs structures financières soient fragiles, à cause d'acquisitions ou d'expansion, par exemple. Quand on veut étudier les effets d'un programme de dépollution sur une firme particulière, cet aspect doit être pris en considération. La variable qui nous intéresse ici est le ratio de l'endettement par rapport à l'avoir des actionnaires. Il est généralement impossible de réduire les paiements sur les

obligations, même si les équipements qui ont été achetés avec le capital levé n'est plus en usage. Les actionnaires, cependant, n'ont pas droit à des paiements si la firme réalise des pertes: c'est en effet le risque que pose ce genre d'investissement. Si la perte nette est plus grand que l'avoir des actionnaires, le risque de fermeture d'usines devient réel. Cependant, en étudiant les chiffres sur les bilans publiés par Statistiques Canada (agrégé) et des sociétés publiques, ce risque n'est pas fort dans ces deux secteurs. Par exemple, pour une firme avec un ratio entre l'endettement et l'avoir des actionnaires d'environ 1:1, la perte de recettes sera deux fois la réduction de la quantité (alors de 12 à 15%), puisque la perte de revenus tombera entièrement sur ce dernier.

4.3 Perspectives à long terme

A court terme, on court le risque qu'une firme soit obligée de fermer ses portes. Si ceci n'arrive pas, d'autres facteurs jouent à long terme. On peut en nommer trois: l'accroissement du secteur à long terme, les retours à l'échelle et la possibilité que les autres régions puissent aussi imposer des règlements contre la pollution. Les trois facteurs sont positifs dans leurs effets.

Premièrement, les secteurs des pâtes et papier et de l'aluminium (dominant dans le secteur des métaux non-ferreux) sont

en croissance continue. Les industries réglementées auront un surplus de capacité à court terme, mais de ce fait même, elles seront ensuite mieux placées pour accélérer la production, étant donné que la capacité sera déjà là.

Les retours à l'échelle sont croissants, selon la plupart des estimés faits, notamment ceux utilisés dans ce rapport. Ceci aggrave l'effet à court terme et forcera une réduction supplémentaire de la production suite à la hausse des coûts. En revanche, avec l'accroissement graduel du marché, les firmes seront capables de réduire leurs coûts, ce qui entraînera un accroissement supplémentaire dans la production.

Finalement, on a émis l'hypothèse dans ce rapport que les autres régions n'adopteront pas de règlements semblables pour dépolluer. Il se peut qu'il ne le fassent pas en même temps, mais il y a très peu de gouvernements en Amérique du Nord ou en Europe qui ne préconisent pas de telles interventions, si elles ne sont pas déjà en train de les appliquer.

Bref, à long terme, les effets qui se produisent à court terme risquent d'être négligeables.

En faisant la calibration du modèle à deux secteurs industriels particuliers, nous étions limités aux données existantes, qui ne sont pas facilement disponibles au niveau

desagrégé. L'agrégation amène un certain degré d'erreur, qui semble être inévitable. Pour les deux secteurs étudiés, qui sont très importants dans l'économie québécoise, les chiffres sont plus facilement disponibles, permettant l'utilisation des fonctions de production et de demande qui sont compatibles avec les données. Ceci ne serait pas nécessairement le cas pour les secteurs avec peu d'installations au Québec.

Les résultats suggèrent que les industries actives dans les deux secteurs étudiés seront capables de refiler plus que la moitié des coûts de dépollution aux consommateurs. A court terme, cependant, il y aura une perte d'emploi aux alentours de 4%. La perte dans les recettes des propriétaires (qui ne sont pas nécessairement toutes distribuées) sera environ 15% à court terme. Avant que la firme soit forcée de fermer ses portes, ces recettes devraient être évincées entièrement, ce qui semble d'être loin du cas.

5.0 Conclusion

Nous allons résumer ici les principaux résultats de cette étude. En passant en revue la théorie économique sur la réglementation environnementale, nous avons noté que les firmes pouvaient s'intéresser à une réglementation de leurs activités si elles peuvent en tirer profit. Il y a deux possibilités à cet égard: elles peuvent recevoir une subvention, ou l'intervention gouvernementale peut avoir pour effet de restreindre leur concurrence, ce qui engendrait aussi des profits pour les firmes existantes. Or, les règlements sous leur forme habituelle ne répondent pas à ces critères, et les firmes auraient donc plutôt intérêt à résister à la réglementation environnementale.

Il est évident que des règlements qui forcent les industries à installer des équipements anti-pollution entraîneront des coûts supplémentaires qui peuvent avoir un effet sur l'emploi. Ceci offre une menace crédible que les firmes peuvent utiliser contre une réglementation potentielle. Il existe plusieurs études sur le comportement des firmes face au gouvernement, mais il y en a peu qui soit susceptibles d'aider le gouvernement à évaluer les répercussions économiques de leurs interventions. Selon une hypothèse presque universelle, les industries peuvent refiler le coût entier de leurs investissements aux consommateurs. Si c'était vrai, l'imposition de mesures anti-pollution n'aurait aucun effet sur les firmes. La présente étude vise donc à contribuer aux

connaissances dans ce domaine.

Le Plan d'action St-Laurent vise 50 grandes usines du bassin du fleuve. Selon des études d'Environnement Québec et de SNC, ces 50 firmes seront appelées à investir plus d'un milliard de dollars en équipements anti-pollution. Sont-elles capables de supporter un tel investissement? Cette question nous amène au deuxième volet de cette étude, le côté pratique; il s'agit de l'application immédiate des résultats théoriques obtenus à un cas de première importance au Québec et même au Canada. Les secteurs étudiés sont ceux du papier journal et des métaux non-ferreux.

L'étude démontre qu'en fait les industries sont souvent capables de passer une partie du coût de la lutte contre la pollution aux consommateurs. Pour une firme de petite taille en vive concurrence, ceci ne serait pas vrai. Mais les études empiriques, et même un bref aperçu de la situation actuelle, montrent que les hypothèses sur lesquelles le modèle de concurrence parfaite repose ne sont pas souvent rencontrées. L'hypothèse la plus importante pour nous est qu'aucune firme n'est capable d'influencer le prix, par exemple en ajustant sa production. Quand il n'y a que quelques firmes actives dans un secteur industriel, cette hypothèse est généralement violée.

Le pouvoir de marché dont les firmes en concurrence imparfaite bénéficient leur permet de refiler une partie du coût

aux consommateurs via les hausses de prix. Cependant, chaque hausse de prix entraînera une baisse des ventes et ensuite, de la production. La force de cette réponse est captée par l'analyse des élasticités de demande et de l'offre.

L'histoire ne s'arrête pas là. Bien que la firme doive absorber une partie du fardeau, on ne peut prévoir comment elle réagira. L'effet sur l'emploi et les gains de capital peuvent aussi être analysés en termes de parts des facteurs de production. Une baisse de production entraînera en une perte des emplois, mais l'exploitation des équipements anti-pollution créera d'emplois. Pour les deux secteurs étudiés, les réductions sont de l'ordre de 3 à 5% à court terme. A moyen terme, il y a de bonnes chances que ces travailleurs soient tous réabsorbés.

Le ralentissement de la production attendu suite à l'investissement anti-pollution produirait aussi une baisse temporaire dans les revenus des actionnaires. Dans les secteurs étudiés, il ne semble pas que les firmes soient obligées de cesser leurs opérations, ce qui représenterait une perte totale de leurs investissements (dans les usines touchées).

Chose certaine, la qualité des résultats ne peut pas dépasser la qualité des données disponibles. A ce propos, nous devons tout d'abord admettre qu'il aurait été préférable d'estimer les fonctions de la demande et du coût à partir des données

originales. Les valeurs de ces paramètres ont été tirées de la littérature économique. On peut défendre cette approche en notant que les technologies utilisées au Québec ne sont pas tellement différentes d'ailleurs en Amérique du Nord. De plus, les données plus spécifiques aux industries en cause ne seront pas souvent disponibles. Statistique Canada ne publie pas de données qui pourraient être attribuées à une compagnie particulière. Puisque plusieurs firmes visées par le Plan d'action Saint-Laurent sont seules dans leur domaine au Québec, il aurait fallu utiliser des données agrégées en tous cas.

Sur le plan de l'analyse économique, nous avons remarqué que la théorie d'échange international avec concurrence imparfaite n'est pas suffisamment développée, même s'il s'agit d'un champ d'étude très actif. Pour cette raison, les hypothèses concernant l'influence de la concurrence externe sont un peu brutes.

Malgré ces réserves, nous pouvons toutefois remarquer que les résultats du modèle "calibré" sont réalistes. A court terme, les effets du changement dans la structure des coûts seront partagés entre les consommateurs, les facteurs de production et les propriétaires des firmes. A long terme, une fois qu'on aura eu le temps de s'ajuster à cette intervention ponctuelle, les effets directs deviendront négligeables.

6.0 Références

- Beavis, B., and M. Walker (1983), "Random Wastes, Imperfect Monitoring and Environmental Quality Standards", Journal of Public Economics, 21 (August), pp. 377-387.
- Boadway, R. W., (1979), Public Sector Economics, Little, Brown and Company, Toronto, 467 pp.
- Buchanan, J. M., and G. Tullock, (1975), "Polluters' Profits and Political Response: Direct Controls Versus Taxes", American Economic Review, 65 (March), pp. 139-147.
- Burrows, P., (1979), "Pigovian Taxes, Polluter Subsidies, Regulation, and the Size of a Polluting Industry", Revue canadienne d'Economique, 12, pp. 494-501.
- Coase, R. H., (1960), "The Problem of Social Costs", Journal of Law and Economics, 3 (October), pp. 1-44.
- Collins, R.A., (1977), "The Distributive Effects of Public Law 92-500", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 4 (December), pp. 344-54.
- Dales, J. M., (1968), Pollution, Property and Prices, University of Toronto Press, Toronto, 111 pp.
- Deweese, D.N., (1983), "Instrument Choice in Environmental Policy", Economic Inquiry, 21 (January), pp. 53-71.
- Freeman, A. M., (1980), "Technology-Based Effluent Standards: the U.S. Case", Water Resources Research, 16 (January), pp. 21-27.
- Gianessi, L. P., and H. M. Peskin, (1980), "The Distribution of the Costs of Federal Water Pollution Control Policy", Land Economics, Vol. 56 (February), pp. 85-102.
- Hahn, R. W., and R. G. Noll, (1983), "Barriers to Implementing Tradable Air Pollution Permits: Problems of Regulatory Interactions", Yale Journal on Regulation, 63 (1), pp. 63-91.
- Harford, J. D., (1978), "Firm Behavior Under Imperfectly Enforceable Pollution Standards and Taxes", Journal of Environmental Economics and Management, 6 (March), pp. 26-43.
- Harris, R. G., and D. Cox, (1984), Trade, Industrial Policy, and Canadian Manufacturing, Ontario Economic Council, Research Study no. 31, Toronto.
- Henderson, J. M., and R. E. Quandt, (1958), Microeconomic Theory (2nd ed.), McGraw-Hill, New York, 431 pp.

Karikari, J. A., (1988), "International Competitiveness and Industry Pricing in Canadian Manufacturing", Revue canadienne d'Economique, 21 (May), pp. 410-426.

Karp, L. S., and J. M. Perloff, (1989), "Estimating Market Structure and Tax Incidence: the Japanese Television Market", Journal of Industrial Economics, 37 (March), pp. 225-239.

Kohn, R. E., (1988), "Efficient Scale of the Pollution-Abating Firm", Land Economics, 64 (February), pp. 53-61.

Krugman, P., (1986), Industrial Organization and International Trade, National Review of Economic Research, Working Paper no. 1957, 62 pp. plus figs.

Laussel, D., C. Montet and A. Peguin-Feissolle, (1988), "Optimal Trade Policy Under Oligopoly", European Economic Review, 32, pp. 1547-1565.

Leone, R.A., and J.E. Jackson (1977), "The Political Economy of Federal Regulatory Activity: the Case of Water Pollution Controls", in G. Fromm (ed.) Studies in Public Regulation, Cambridge, pp.231-271.

Maloney, M. T., and R. E. McCormick, (1982), "A Positive Theory of Environmental Quality Regulation", Journal of Law and Economics, 25 (April), pp. 99-123.

Mallory, C. D., (1990), A non-tâtonnement process for an economy with water pollution, thèse de doctorat, Université de Montréal, 133 pp.

Markusen, J. R., and A. J. Verables, (1988), "Trade Policy with Increasing Returns and Imperfect Competition", Journal of International Economics, 24, pp. 299-316.

Ministère de l'Environnement du Québec, (1988), "Considérations économiques relatives au programme de réduction des rejets industriels", Direction des Stratégies et politiques environnementales, miméo.

Musgrave, R. A., (1959), The Theory of Public Finance, McGraw-Hill, New York, 628 pp.

Narasimham, G.V.L., P.A.V.B. Swamy and R. C. Reed, (1988), "Productivity Analysis of U.S. Manufacturing Using a Stochastic-Coefficients Production Function", Journal of Business and Economic Statistics, 6, (July), pp. 339-349.

Nerlove, M., (1967), "Recent Empirical Studies of the CES and Related Production Functions", in The Theory and Empirical Analysis

of Production, Murray Brown (ed.), National Bureau of Economic Research, Studies in Income and Wealth, vol. 31, New York.

Nicholson, W., (1978), Microeconomic Theory, Dryden Press, Hinsdale, Ill., 694 pp.

Page, T., (1973) "Failure of Bribes and Standards for Pollution Abatement", Natural Resources Journal, 13 (October), pp. 678-704.

Palmer, A. R., W. E. Mooz, T. H. Quinn, and K. A. Wolf, (1980), Economic Implications of Regulating Nonaerosol Chlorofluorocarbon Emissions: an Executive Briefing, Rand Corporation, Santa Monica, R-2575-EPA, 27 pp.

Pigou, A. C., (1929), The Economics of Welfare, MacMillan, London, 3rd ed.

Pittman, R.W., (1981), "Issue in Pollution Control: Interplant Differences and Economies of Scale", Land Economics, 57 (February), pp.1-17.

Plott, C. R., (1966), "Externalities and Corrective Taxes", Economica, N.S., 33, pp. 84-87.

Roberts, M. J., (1970) "River Basin Authorities: A National Solution to Water Pollution", Harvard Law Review, 83, pp. 1527-1556.

Samuelson, P. A., (1955), "A Diagrammatic Exposition of a Theory of Public Expenditure", Review of Economics and Statistics, 37, (November), pp. 350-356.

SNC, "Etude d'assainissement des eaux usées industrielles dans le corridor du fleuve Saint-Laurent; aspects économiques, (tome 4), mars 1986, n.p.

Spulber, D. F., (1985), "Effluent Regulation and Long-Run Optimality", Journal of Environmental Economics and Management, 12, (March), pp. 103-116.

Statistique Canada, (annuel), Industries manufacturières du Canada, niveaux national et provincial, 31-203, Ottawa.

Stigler, G., (1971), "The Theory of Economic Regulation", Bell Journal of Economics and Management Science, 2, pp. 3-21.

Walters, A. A., (1968), An Introduction to Econometrics, Macmillan, London.

Yandle, B., (1984), "'Polluters' Profits': An Empirical Note", Journal of Industrial Economics, 32, (March), pp. 359-366.

