

ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES  
AFFILIÉE À L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

**Une réglementation environnementale plus sévère incite-t-elle  
les entreprises à innover ?  
Un regard québécois sur l'hypothèse portérienne**

Par

***Isabelle Berthelet***

Sciences de la gestion

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences  
Spécialisation Économie appliquée

Juillet 1999

© Isabelle Berthelet, 1999

## Sommaire

L'objectif de ce travail est de vérifier si une réglementation environnementale plus sévère incite les entreprises à innover. En fait, nous désirons analyser l'hypothèse de Michael Porter qui avance que l'adoption de normes plus sévères en matière de protection de l'environnement peut favoriser une meilleure productivité et une plus grande compétitivité des firmes, et ce, parce qu'elles les encourageraient à innover. Très peu d'études empiriques se sont penchées sur le lien entre la sévérité de la réglementation environnementale et l'innovation jusqu'à maintenant, et aucune, à notre connaissance, n'a été réalisée à l'aide de données québécoises.

Pour combler ce vide, nous avons procédé à une étude empirique basée sur des données portant sur l'industrie manufacturière québécoise pour la période allant de 1985 à 1995. Nous avons pris soin de distinguer l'impact de la sévérité de la réglementation selon divers types d'industries, plus précisément les industries les plus et les moins polluantes de même que les industries les plus et les moins exposées à la concurrence internationale. Notre approche économétrique nous a permis d'être très rigoureux. En plus de corriger pour les problèmes fréquemment rencontrés lors de l'utilisation de données de type panel, c'est-à-dire l'autocorrélation des résidus et l'hétérogénéité des variances, nous avons considéré le caractère endogène potentiel de certaines variables explicatives de notre modèle. Ceci nous a amenés à utiliser une méthode d'estimation un peu particulière.

Nos résultats indiquent qu'un resserrement des normes environnementales n'incite pas les entreprises du secteur manufacturier québécois à innover davantage. Au contraire, il amènerait ces dernières à réduire leurs dépenses en R-D. Ces dernières constituent notre mesure de l'innovation. Ainsi, nos résultats nous amènent à rejeter l'hypothèse de Porter voulant qu'une réglementation environnementale plus sévère encourage l'innovation, et ce, peu importe le groupe auquel appartiennent les entreprises.

Toutefois, plusieurs autres pistes de recherche doivent être explorées avant de rejeter définitivement l'argumentation de Porter. Par exemple, cibler plus précisément les innovations liées à la protection de l'environnement ou considérer l'apport de l'industrie de l'environnement constitueraient des avenues intéressantes. Suite à notre analyse, nous devons cependant conclure qu'un durcissement des normes, mesuré par les dépenses environnementales, entraîne une diminution des dépenses en R-D des entreprises étudiées.

## Table des Matières

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVUE DE LITTÉRATURE.....</b>	<b>3</b>
2.1 HYPOTHÈSE DE PORTER.....	3
2.1.1 <i>Porter et van der Linde</i> .....	3
2.1.2 <i>Critiques</i> .....	5
2.2 ÉTUDES THÉORIQUES.....	7
2.3 ÉTUDES EMPIRIQUES.....	9
2.3.1 <i>Études centrales</i> .....	10
2.3.2 <i>Études connexes</i> .....	14
<b>3 MODÈLE EMPIRIQUE.....</b>	<b>17</b>
3.1 SPÉCIFICATION DU MODÈLE.....	17
3.2 VARIABLE EXPLIQUÉE.....	19
3.2.1 <i>Qu'est-ce que l'innovation ?</i> .....	19
3.2.2 <i>Mesures de l'innovation</i> .....	20
3.3 VARIABLES EXPLICATIVES.....	22
3.3.1 <i>La sévérité de la réglementation</i> .....	22
3.3.2 <i>Industries Polluantes</i> .....	24
3.3.3 <i>Industries les plus exposées à la concurrence internationale</i> .....	24
3.3.4 <i>Les variables de contrôle</i> .....	25
3.4 ASPECT DYNAMIQUE DE LA RÉGLEMENTATION.....	27
3.5 DESCRIPTION DES DONNÉES.....	28
<b>4 MÉTHODES D'ESTIMATION.....</b>	<b>29</b>
<b>5 RÉSULTATS.....</b>	<b>33</b>
5.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....	33
5.2 ANALYSE DES RÉSULTATS.....	35
5.2.1 <i>Modèles sans retard</i> .....	35
5.2.2 <i>Modèles avec retard</i> .....	39
<b>6 CONCLUSION.....</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>49</b>

---

---

**LISTE DES TABLEAUX**

<b>TABLEAU 1 OBJECTIFS D'UNE RÉGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE BIEN CONSTRUITE .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLEAU 2 QUELQUES DÉFINITIONS COMMUNES DE L'INNOVATION .....</b>	<b>19</b>
<b>TABLEAU 3 CLASSES D'ACTIFS RELIÉS À LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION.....</b>	<b>23</b>
<b>TABLEAU 4 MODÈLES SANS VARIABLE RETARDÉE.....</b>	<b>34</b>
<b>TABLEAU 5 MODÈLES AVEC VARIABLES RETARDÉES .....</b>	<b>34</b>

---

---

**LISTE DES ANNEXES**

<b>ANNEXE 1</b> .....	<b>42</b>
SYNTHÈSE DES ÉTUDES THÉORIQUES .....	42
SYNTHÈSE DES ÉTUDES EMPIRIQUES .....	42
<b>ANNEXE 2</b> .....	<b>43</b>
CLASSEMENT DES SECTEURS INDUSTRIELS SELON LA QUANTITÉ DE REJETS DE POLLUANTS .....	43
<b>ANNEXE 3</b> .....	<b>44</b>
CLASSEMENT DES INDICES DE COMPÉTITIVITÉ PAR SECTEURS INDUSTRIELS .....	44
<b>ANNEXE 4</b> .....	<b>45</b>
INDUSTRIES ÉTUDIÉES .....	45
<b>ANNEXE 5</b> .....	<b>46</b>
STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES VARIABLES UTILISÉES .....	46
SYNTHÈSE DES VARIABLES UTILISÉES DANS LES ESTIMATIONS .....	46
<b>ANNEXE 6</b> .....	<b>47</b>
RÉSULTATS COMPLETS DES MODÈLES SANS RETARD .....	47
<b>ANNEXE 7</b> .....	<b>48</b>
RÉSULTATS DES MODÈLES AVEC RETARD .....	48

## 1 Introduction

Pendant longtemps, l'opinion générale a voulu que la protection de l'environnement ne puisse se faire qu'au détriment de la croissance économique. Un tout autre courant de pensée, dominé par Michael Porter, a toutefois vu le jour au début des années 90. Il suggère qu'une plus grande sévérité des règles environnementales puisse améliorer la compétitivité des entreprises et leur productivité et ce, en les incitant à innover. À l'heure où l'OCDE (1998) soutient que les effets des politiques d'environnement sur l'innovation demeurent un sujet de débat animé tant au sein des pouvoirs publics que des entreprises, il faut bien avouer qu'aucune des deux approches n'a pu être proclamée prééminente.

Une façon de tenter de mettre fin à la polémique serait de montrer que la sévérité de la réglementation environnementale n'est pas opposée à la croissance économique et qu'elle est effectivement un stimulant pour entreprendre des activités d'innovation. Quelques études récentes ont démontré que l'impact de normes environnementales plus strictes sur la productivité des entreprises n'était pas nécessairement négatif et qu'il pouvait même devenir favorable au fil du temps. Le développement de technologies plus efficaces permettant de répondre aux nouvelles normes pourrait être à l'origine de ces résultats. Notre travail cherche à éclaircir cette question à l'aide d'une étude empirique portant sur le lien entre la sévérité de la réglementation environnementale et les innovations.

L'originalité de notre recherche tient au fait qu'elle se concentre sur le progrès technologique qui est le cœur de l'hypothèse portérienne, nom donné à l'argumentation de l'auteur de Harvard, plutôt que sur les effets indirects qu'elle suppose tels que la hausse des profits ou une meilleure compétitivité. Très peu d'études empiriques se sont penchées sur cette question et, à notre connaissance, aucune n'a été réalisée avec des données québécoises ou même canadiennes. Il est bon de mentionner que certains résultats obtenus jusqu'à maintenant font ressortir des ambiguïtés d'où l'intérêt de pousser l'analyse un peu plus loin en raffinant les méthodes utilisées précédemment.

La première partie de ce travail explicite l'hypothèse de Porter, expose quelques critiques formulées à son égard et dresse un portrait de la littérature portant sur le lien entre la réglementation environnementale et l'innovation. Des études théoriques et empiriques sont alors présentées afin de dégager des points intéressants à considérer dans notre propre recherche. Puis,

la deuxième partie se concentre sur la présentation du modèle empirique et des variables utilisées. Une attention particulière est portée à la façon de mesurer l'innovation et la sévérité de la réglementation environnementale. La méthodologie utilisée est aussi mise en relief. Soulignons qu'elle nous amène à raffiner les méthodes exploitées dans d'autres travaux portant sur notre sujet en nous permettant de distinguer l'impact de la sévérité de la réglementation selon divers types d'industries.

La troisième partie a, quant à elle, pour objectif de situer le lecteur par rapport à notre approche économétrique. Cette dernière est expliquée en détail car une procédure particulière a été développée. Elle nous permet de prendre en considération le caractère endogène potentiel de certaines variables explicatives, et ce, dans un contexte où nous utilisons des données de type panel. Ceci constitue une autre caractéristique propre à notre travail.

Finalement, les résultats, de même qu'une analyse de ces derniers, sont exposés dans la quatrième section. Quelques pistes sont aussi soulevées pour des recherches ultérieures.

## **2 Revue de littérature**

### **2.1 Hypothèse de Porter**

#### **2.1.1 Porter et van der Linde**

Dans un bref essai paru en 1991, Michael Porter fournissait aux écologistes et partisans d'une réglementation environnementale sévère des arguments de choix pour appuyer leurs demandes. En effet, le chercheur édifiait, en rejetant le courant dominant qui voulait que la protection de l'environnement et la compétitivité économique soient irréconciliables, les bases de ce qui allait être appelée l'hypothèse de Porter. Cette dernière stipule que des normes environnementales sévères peuvent promouvoir la compétitivité et ce, en encourageant les entreprises à innover.

L'idée découle du principe que la pollution serait le résultat d'une utilisation incomplète, inefficace ou non efficiente des ressources. En resserrant la réglementation, le législateur pourrait amener les entreprises à mieux utiliser leurs intrants et à développer de nouveaux processus de production de même que de nouveaux produits. Ainsi, l'impact de la réglementation s'insérerait dans un processus dynamique et non pas statique comme le suggère généralement le courant de pensée traditionnel. En fait, il ne faudrait pas limiter l'analyse de l'impact de la réglementation aux coûts supportés par les entreprises pour s'y conformer, mais adopter une perspective plus large qui permettrait de considérer les activités innovatrices engendrées par la réglementation et les effets bénéfiques qui peuvent en résulter. Cette dynamique est caractérisée par des opportunités technologiques changeantes jumelées à une information incomplète relativement à ces dernières, une inertie organisationnelle et une difficulté à concilier les attentes individuelles, de groupe et corporatives. Il en résulte que, même si les entreprises ont diverses occasions pour améliorer leurs technologies, elles n'en profitent pas nécessairement de manière systématique malgré les bénéfices qui pourraient en résulter.

Donc, la possibilité que la réglementation puisse agir comme source d'encouragement pour innover est liée au fait que la réalité n'obéit pas à la croyance néoclassique qui suggère que les firmes fassent toujours des choix optimaux. Ainsi, des normes environnementales plus sévères pourraient amener les entreprises à faire de meilleurs choix au niveau de leurs technologies, de leurs processus de production ou de leurs produits, options que les décideurs n'auraient peut-être pas envisagées, malgré leurs effets positifs pour leur entreprise, sans un renforcement des règles.



Ceci implique évidemment que les entreprises ne seraient pas toujours en situation de maximisation des profits.

Toutefois, Porter et son collègue van der Linde insistent sur le fait que la réglementation doit être conçue soigneusement pour engendrer les effets cités précédemment. Pour stimuler l'innovation, les normes environnementales doivent suivre trois principes de base :

1. Le législateur doit se limiter à fixer des objectifs sans spécifier le mode de mise en conformité de façon à maximiser les occasions d'innover;
2. La réglementation doit favoriser l'amélioration continue plutôt que de suggérer des technologies particulières;
3. Le processus de législation doit minimiser le plus possible les incertitudes en gérant le système de façon cohérente et en fixant les normes pour des périodes suffisamment longues. Les entreprises peuvent ainsi se commettre à des solutions de long terme.

Une réglementation environnementale bien construite peut servir à atteindre au moins six objectifs. Le tableau 1 expose ces derniers.

**Tableau 1 Objectifs d'une réglementation environnementale bien construite**

<p><b>Signaler les inefficacités possibles en matière de ressources et les améliorations technologiques potentielles;</b> les entreprises sont encore inexpérimentées à mesurer leurs rejets, à comprendre le coût de l'utilisation incomplète et inefficace des ressources et de la toxicité de même qu'à concevoir de nouvelles approches pour minimiser les rejets et éliminer les substances dangereuses. La réglementation permet alors d'attirer l'attention des entrepreneurs sur les possibilités technologiques dans ce champ de spécialisation.</p>	<p><b>Créer des pressions qui motivent les innovations et le progrès.</b> Ces pressions permettent, entre autres, de contrer l'inertie organisationnelle et d'alimenter la pensée créatrice. À cet effet, la réglementation jouerait le même rôle qu'une concurrence intense.</p>
<p><b>Sensibiliser les entreprises à l'environnement en mettant l'accent sur la cueillette d'information;</b> la divulgation de renseignements peut inciter les tierces parties à faire des pressions pour qu'une firme tienne davantage compte de l'impact de ses activités sur l'environnement. L'information peut jouer un rôle stratégique au niveau de l'image d'une entreprise aux yeux des clients, des fournisseurs et des investisseurs.</p>	<p><b>Accroître l'espace transitionnel.</b> Durant la période de transition vers des solutions basées sur l'innovation, la réglementation assure qu'une entreprise ne pourra profiter de gains opportunistes en évitant les investissements destinés à la protection de l'environnement. Elle fournit un coussin jusqu'à ce que la nouvelle technologie soit testée et que les effets d'apprentissages estompent son coût.</p>
<p><b>Réduire l'incertitude</b> en indiquant que les investissements qui visent la protection de l'environnement ont de la valeur. Une plus grande certitude encourage l'investissement.</p>	<p><b>Forcer les entreprises à améliorer la qualité de l'environnement</b> lorsque les innovations ne compensent que partiellement les coûts de réduction de la pollution. Dans un tel contexte, la réglementation est nécessaire pour améliorer la qualité de l'environnement.</p>

Source: Porter et van der Linde (1995), pp.99-100. Traduction libre.

Soulignons que les auteurs se basent sur une série de cas anecdotiques, principalement recensés auprès de grandes entreprises manufacturières américaines, pour appuyer leurs dires. Par exemple, suite à une nouvelle réglementation qui obligeait les entreprises qui utilisaient des solvants dans leurs enduits à réduire de 90 % les émissions liées à ces solvants, 3M a développé des enduits plus sécuritaires faits à base d'eau. De cette façon, elle a éliminé complètement toutes émissions de produits toxiques.

Une analyse approfondie de l'hypothèse de Porter n'est pas facile à réaliser puisque sa portée demeure ambiguë. Pouvant être vue sous plusieurs angles, il devient difficile de la réfuter complètement ou de tester un modèle qui tiendrait compte de toute sa substance. La majorité des économistes<sup>1</sup> qui s'y sont intéressés au cours des dernières années ont concentré leurs recherches sur les effets indirects potentiels tels que la hausse de la compétitivité ou de profit plutôt que de regarder plus précisément l'effet de la réglementation sur l'innovation qui est le cœur de l'argumentation de Porter et van der Linde. Les dernières études, telle que celle de Lajeunesse (1997) portant sur la productivité, montrent que l'impact d'une réglementation plus sévère peut s'avérer positif après une certaine période de temps. Notre étude permet de voir si ces résultats peuvent s'expliquer par le foisonnement d'innovations tel que stipulé par Porter. Ainsi, l'objectif de notre travail n'est pas de vérifier l'hypothèse de Porter dans son ensemble, mais bien d'étudier de plus près le lien qui existe entre la sévérité de la réglementation environnementale et les activités innovatrices des entreprises. Avant de présenter quelques études portant sur la réglementation environnementale et l'innovation, il est intéressant de noter certaines critiques formulées à l'égard de l'hypothèse portérienne.

### **2.1.2 Critiques**

Oates, Palmer et Portney (1993, 1995) se sont attaqués durement à l'approche de Porter et van der Linde, bien qu'ils soient d'accord avec certains points que ces derniers soulèvent. Les auteurs ciblent un aspect particulier de l'hypothèse dans leurs travaux. En effet, ils analysent précisément la proposition voulant qu'une réglementation adéquate plus sévère puisse mener à des hausses de profits pour les firmes polluantes. Nous nous limitons ici à faire ressortir leurs critiques qui touchent directement à la notion d'innovation puisqu'il s'agit du sujet central de notre étude. Les auteurs croient que Porter et van der Linde ne se distinguent pas par la prise en

---

<sup>1</sup> Voir par exemple: Christainsen et Haveman 1981, Gollop et Roberts 1983, Gray 1987, Barbera et McConnel 1990, Dufour et al. 1998 et Lajeunesse 1997.

compte de l'aspect dynamique des effets de la réglementation, mais plutôt par deux propositions difficilement acceptables :

- Le secteur privé ignore ou néglige systématiquement les occasions profitables en matière d'innovation ;
- Les autorités réglementaires se trouvent dans une bonne position pour repérer les faiblesses de marché.

Soulignons ici que Porter et van der Linde prennent la peine de préciser que la réglementation peut alerter les entreprises à propos d'une utilisation inefficente possible des ressources et de secteurs potentiels pour des développements technologiques et ce, même si les gouvernements ne savent pas plus que les firmes comment répondre aux problèmes. En aucun temps, les auteurs avancent que le gouvernement est en meilleure position que les entreprises pour repérer des occasions d'innover. En fait, la seule présence de pollution serait un indicateur de mauvaise utilisation des ressources et donc de possibilités de développements technologiques.

De leur côté, Palmer et Simpson (1993) soulèvent aussi que, si c'est le manque d'information qui empêche les firmes d'identifier les occasions d'investissements profitables, il est fort probable que les agences gouvernementales aient beaucoup de difficultés à repérer ces mêmes occasions. Ils ajoutent qu'il serait exagéré de croire qu'il y a une défaillance majeure dans la stratégie d'innovation des entreprises, même si certains exemples montrent que la réglementation ou l'octroi de subventions de recherche ont mené à des bénéfices non anticipés a priori.

Dans un essai paru en 1994, Schmalensee s'est aussi penché sur l'hypothèse de Porter. Ce dernier admet qu'il soit possible qu'une réglementation plus sévère puisse inciter les firmes, ou leurs fournisseurs, à diriger davantage de ressources vers la recherche de technologies qui permettront de réduire les coûts de se conformer aux nouvelles normes. Toutefois, il ajoute que ceci se fera au détriment des profits à moins que les firmes fassent des erreurs systématiques quant aux projets de recherche et de développement (R-D), ce qu'il juge improbable. L'auteur croit aussi que la réglementation n'affecte pas l'effort total de recherche. Elle entraîne uniquement une allocation différente des ressources en déplaçant les fonds destinés à la R-D traditionnelle vers les technologies dites vertes.

Les critiques de l'hypothèse de Porter reposent essentiellement sur le paradigme de la maximisation des profits. Est-il vrai que les technologies en place sont optimales dans une

perspective économique ? Selon Ayres (1994), le postulat de l'équilibre est purement théorique et est contredit par plusieurs évidences empiriques. Ses travaux montrent que les entreprises adopteraient des technologies sous-optimales et qu'il y aurait donc des perspectives de rendements importants sur des investissements appropriés. Nous ne nous étendrons pas davantage sur ce point puisqu'il ne constitue pas l'objet de notre étude.

Rappelons que l'objectif de notre travail est de vérifier si une réglementation environnementale plus sévère stimule ou non les activités innovatrices des entreprises. Nous ne nous attardons donc pas aux effets indirects qui pourraient en résulter.

## ***2.2 Études théoriques***

La plupart des études traitant du lien entre la réglementation environnementale et l'innovation sont de nature théorique. Parmi elles, plusieurs tentent de cerner l'incitation des firmes à investir en R-D afin de réduire les coûts de se conformer à la réglementation, et ce, sous divers types de réglementation<sup>2</sup>. Ainsi, elles tentent de repérer les modes d'intervention qui ont le plus d'impact sur l'effort de R-D des entreprises. De façon générale, il semble que les interventions économiques telles que les permis de pollution ou les taxes à la pollution stimulent davantage l'innovation que la réglementation directe qui définit des normes et des standards précis. Le modèle théorique proposé par Malueg (1989) montre toutefois que les permis de pollution peuvent réduire l'incitation à innover. Le résultat dépend de la situation de la firme (acheteuse ou vendeuse de permis) avant et suite à l'adoption d'une nouvelle technologie.

Hackett (1995) a, de son côté, adopté une toute autre optique et suggère que les entreprises investissent en R-D dans le but d'inciter les gouvernements à fixer des normes environnementales. Lorsque les firmes innovatrices utilisent leur influence pour amener les régulateurs à resserrer les politiques environnementales, elles créent en quelque sorte des barrières à l'entrée pour leurs rivales qui doivent investir pour développer de nouveaux procédés. Selon l'auteur, l'entreprise leader gagne ainsi un avantage compétitif de coût. Toutefois, les résultats ne tiennent que sous certaines conditions strictes.

Quelques auteurs ont étudié plus spécifiquement l'influence de la sévérité de la réglementation sur l'investissement en R-D et la diffusion de la technologie. Ils ont donc cherché à voir si des

---

<sup>2</sup> Zerbe (1970), McCain (1978), Harrington et Krupnick (1981), Downing and White (1986), Milliman and Prince (1989 et 1992), Parry (1996), Parry et al. (1998).

normes environnementales plus sévères incitaient les entreprises à investir davantage en R-D. L'annexe 1 synthétise les résultats de ces analyses. Oates et al. (1993), dont nous avons parlé précédemment, présentent un modèle statique simple d'une firme qui cherche à maximiser son profit en situation de concurrence pure et parfaite. Leur modèle d'innovation en technologies environnementales montre qu'une hausse de la sévérité de la réglementation est néfaste pour l'entreprise polluante, en termes de profits, même si elle incite cette dernière à adopter des technologies plus efficaces. Ces derniers présentent aussi une étude de Simpson et Bradford, publiée par la suite en 1996, qui ont développé un modèle d'échanges stratégiques, basé sur l'équilibre de Cournot, qui inclut les dépenses en recherche et développement. Les résultats indiquent que, pour certaines formes de fonctions de demande et de coûts, augmenter les frais des émissions de substances toxiques peut accroître l'investissement domestique en R-D, réduire la R-D étrangère et augmenter le bien-être local<sup>3</sup>.

Biglaiser et al. (1995) ont, quant à eux, examiné la réglementation environnementale dans un contexte dynamique avec information parfaite. En faisant appel à la théorie des jeux, ils tentent d'illustrer l'impact des permis de pollution sur la performance environnementale. Ils notent que les firmes peuvent être réticentes à investir en R-D ou en technologies de contrôle de la pollution en raison de l'impact anticipé de leurs investissements sur la rigidité de la réglementation future. Verbeke et Coeck (1997) en arrivent à la même conclusion suite à une étude sur la taxation environnementale. Dans une autre étude, Biglaiser et Horowitz (1995) explicitent un modèle stratégique d'interactions entre des firmes réglementées. Ils suggèrent que, dans un contexte où les entreprises les plus inefficaces doivent adopter les nouvelles technologies développées, une augmentation des taxes à l'émission de substances dangereuses entraîne une diminution de l'investissement en recherche au niveau agrégé. Toutefois, le législateur peut stimuler la R-D en réduisant la gamme de technologies permises. Les auteurs affirment qu'en limitant la gamme de technologies autorisées, les firmes qui possèdent ces dernières pourront les vendre à un prix plus élevé. Ainsi, la hausse anticipée du prix des technologies augmente le rendement réalisé sur la recherche et réduit les profits des firmes qui n'investissent pas en R-D.

De son côté, Parry (1995) suggère que, dans un contexte dynamique, le progrès technologique est endogène. Il construit un modèle théorique qui tient compte des externalités engendrées par la R-D, stimulée selon lui par la réglementation, afin de déterminer le taux de taxation optimal

---

<sup>3</sup> Les auteurs notent toutefois que de petites variations dans la fonction de coûts peuvent renverser les résultats.

de pollution<sup>4</sup>. Récemment, Heyes (1997) a tenté de cerner l'effet de l'adoption des normes environnementales sur le développement de technologies vertes. L'originalité du travail de Heyes tient au fait qu'il envisage non seulement les innovations des firmes réglementées, mais aussi celles des tierces parties, les firmes de l'industrie de l'environnement par exemple. Selon lui, ajuster les standards environnementaux aux développements des connaissances techniques encouragerait, toutes choses étant égales par ailleurs, l'effort d'innovation des tierces parties au détriment de celui des firmes concernées.

Bref, les différents modèles théoriques répertoriés ne permettent pas de déterminer avec précision l'impact de la sévérité de la réglementation sur l'effort d'innovation des entreprises affectées par celle-ci. Bien que certains chercheurs prennent pour acquis dans leurs modèles que les entreprises investiront davantage en R-D suite à un resserrement des normes, il n'y pas de consensus clair sur la question au niveau conceptuel.

Malgré leur caractère théorique, ces études nous seront utiles pour notre propre recherche. En effet, elles nous permettront entre autres d'interpréter nos résultats en fournissant des pistes d'explication tout en suggérant des variables intéressantes à inclure dans notre modèle empirique. L'étude de Heyes, par exemple, nous amène à explorer la possibilité d'ajouter une variable reflétant l'effort d'innovation des tierces parties, plus spécifiquement celui des firmes de l'industrie de l'environnement, afin de voir s'il n'y a pas un effet de substitution entre les innovations engendrées par les entreprises polluantes et celles de fournisseurs potentiels de technologies.

### ***2.3 Études empiriques***

À notre connaissance, seulement trois études empiriques récentes traitent directement du lien entre la sévérité de la réglementation environnementale et l'innovation. L'annexe 1 expose leurs principales caractéristiques. D'autres travaux connexes, qui ne traitent pas spécialement du lien entre des normes plus sévères et l'effort d'innovation, sont aussi intéressants pour la réalisation de notre étude et méritent donc d'être soulignés.

---

<sup>4</sup> Parry montre que le taux de taxation optimal des émissions est susceptible d'être plus faible que les dommages marginaux en raison de l'effet de la recherche, le prix de monopole des licences exigé par les détenteurs de brevets et la convexité de la fonction de dommages environnementaux.

### **2.3.1 Études centrales**

La première recherche empirique a été réalisée par Lanjouw et Mody (1996) et utilise des données internationales. Les auteurs analysent l'impact de l'augmentation des coûts de conformité face à la réglementation, utilisés comme indice de la sévérité de cette dernière, sur le nombre de brevets émis. Les brevets liés à la protection de l'environnement sont utilisés comme mesure de l'innovation. À l'aide de graphiques et de tableaux de corrélation, ils montrent qu'une augmentation dans le coût de se conformer mène, de façon générale, à une hausse du nombre de brevets émis pour de nouvelles technologies environnementales avec un retard de deux à trois ans. Les auteurs ne poussent toutefois pas plus loin leur analyse empirique. Bien que cette analyse soit assez superficielle, elle fait ressortir que la relation entre la sévérité de la réglementation et l'effort d'innovation ne serait peut-être pas contemporaine.

Notre travail s'inspire davantage de la deuxième étude, soit celle de Jaffe et Palmer (1997), qui ont étudié la relation entre la sévérité de la réglementation et les activités innovatrices des firmes du secteur manufacturier en utilisant des données par industries à travers le temps. Leurs données portent sur 24 industries manufacturières américaines et couvrent la période allant de 1974 à 1991. Avant d'aller plus loin au niveau de leur modélisation et des résultats, il est bon de souligner que les auteurs distinguent trois versions de l'hypothèse de Porter.

- La version «étroite» : Certains types de réglementation stimulent l'innovation.
- La version «faible» : La réglementation stimule l'innovation car les entreprises cherchent à minimiser les coûts de se conformer aux normes établies. Les firmes étant en situation de maximisation des profits, l'innovation est faite à un coût d'opportunité qui excède ses bénéfices. Soulignons que la valeur sociale de la diminution de la pollution est ici ignorée.
- Version «forte» : Cette version rejette le paradigme de la maximisation des profits et postule que la firme ne trouve ou ne poursuit pas toutes les occasions profitables au niveau des produits ou des processus. Une nouvelle réglementation peut l'inciter à innover de façon à respecter les normes. Ceci peut mener à une hausse des profits.

L'approche des auteurs est plus générale que celle de Lanjouw et Mody puisqu'ils utilisent les activités d'innovation à un niveau agrégé. Ils ne limitent donc pas leur étude aux activités directement reliées aux technologies environnementales. En effet, leur variable expliquée englobe toutes innovations peu importe leur nature. Comme mesure de la sévérité de la réglementation, une proxy qui traduit l'impact de la réglementation sur les entreprises par les

dépenses encourues par ces dernières pour se conformer aux normes environnementales est utilisée. Nous revenons plus loin sur l'utilisation de cette proxy comme mesure de la sévérité de la réglementation. Pour évaluer l'innovation, deux mesures distinctes sont considérées soient les dépenses en recherche et développement et les demandes de brevets acceptées.

Dans leurs estimations, les chercheurs utilisent deux modélisations très simples. Ils défendent la simplicité de leur modèle par la difficulté à mesurer les facteurs influençant l'innovation, comme le coût réel des chercheurs, celui de l'équipement de recherche ou la productivité de la recherche, de même que par le caractère endogène souvent associé à ces mêmes facteurs. Le fait qu'il arrive fréquemment que ces facteurs ne varient pas selon l'industrie rend aussi difficile la tâche de spécifier un modèle plus satisfaisant. Nous faisons face au même problème pour l'élaboration de notre modèle. Soulignons que les auteurs ont développé un modèle avec effets fixes pour le temps et pour les industries. Voici les deux équations de forme réduite estimées :

$$\text{Ln(R-D)}_{it} = \beta_1 \ln(\text{valeur ajoutée})_{it} + \beta_2 \ln(\text{gvt})_{it} + \beta_3 \ln(\text{dépenses})_{i, t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_i D_i + \sum_{t=1}^t \lambda_t D_t + \varepsilon_{it}$$

$$\text{Ln(brevets)}_{it} = \gamma_1 \ln(\text{valeur ajoutée})_{it} + \gamma_2 \ln(\text{étrange})_{it} + \gamma_3 \ln(\text{dépenses})_{i, t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_i D_i + \sum_{t=1}^t \lambda_t D_t + \varepsilon_{it}$$

Où i indique l'industrie et t l'année

- R-D → dépenses nominales en R-D financées par les firmes de l'industrie
- Valeur ajoutée → valeur ajoutée nominale de l'industrie, mesure de la taille de l'industrie
- Gvt → dépenses gouvernementales nominales en R-D au niveau de l'industrie, proxy pour les subventions gouvernementales
- Brevets → demandes de brevets, par des firmes américaines, acceptées aux É-U. dans l'année t
- Étrange → demandes de brevets, par des firmes étrangères, acceptées aux É-U. dans l'année t
- Dépenses → dépenses nominales encourues par les firmes de l'industrie pour se conformer à la réglementation

Il est important de noter que les auteurs ont considéré deux différentes formes de la variable retardée de la sévérité de la réglementation, c'est-à-dire un retard d'une période et une moyenne mobile des cinq années précédentes. Peu de renseignements sont fournis quant aux méthodes d'estimation employées par les auteurs. Nous ne pouvons donc critiquer la démarche privilégiée. Toutefois, il semble clair qu'ils n'ont pas pris en considération l'endogénéité possible de certaines variables explicatives utilisées. Comme les auteurs retardent aussi la valeur ajoutée dans leurs



estimations finales, la seule variable pouvant causer des problème d'endogénéité est celle reflétant les dépenses gouvernementales<sup>5</sup>.

Si nous considérons l'hypothèse de départ des auteurs qui indiquait qu'un raffermissement de la sévérité de la réglementation favorise une augmentation des activités d'innovation des firmes, les résultats obtenus sont contradictoires. En effet, les auteurs ont constaté une relation négative, mais non significative, entre les coûts de conformité et les brevets émis alors qu'une relation positive et significative entre les coûts de conformité et les dépenses en R-D a été observée. L'ampleur de l'impact est toutefois faible. Notons que les résultats sont semblables peu importe la forme retardée de la mesure de la sévérité de la réglementation utilisée. Deux explications sont suggérées pour éclaircir l'incohérence entre ces deux résultats. D'abord, il est possible que les investissements en R-D suscités par la réglementation soient non productifs. Ensuite, les entreprises ne trouvent peut-être pas intérêt à breveter les inventions découlant de leur effort en R-D destinée à la protection de l'environnement.

Les résultats offrent quelques éclaircissements, bien que limités, sur les trois versions de l'hypothèse de Porter. D'abord, les données utilisées ne permettent pas de conclure quoi que ce soit au sujet de la version étroite puisque les États-Unis n'utilisent pas une réglementation orientée vers la performance. Il est donc impossible de tester l'hypothèse voulant que se tourner vers ce type de réglementation stimule l'innovation. Les conclusions sont toutefois partiellement cohérentes avec la deuxième version qui suggère que la réglementation environnementale stimule certains types d'innovations et rejoint en ce sens celles de Lanjouw et Mody. Ainsi, les résultats suggèrent, selon les auteurs, que la diminution des investissements en R-D, généralement associée à la réglementation directe, puisse être freinée en raison des bénéfices retirés des nouvelles technologies.

Finalement, les résultats des deux études ne permettent pas de distinguer entre les deux dernières versions puisque les effets indirects ne sont pas examinés. Notre apport se limite aussi à éclaircir la deuxième version de l'hypothèse de Porter. Nous pouvons toutefois nous servir des résultats obtenus par Lajeunesse (1997), présentés un peu plus loin, pour offrir un éclaircissement sur la troisième hypothèse puisqu'il a étudié le lien entre la sévérité de la réglementation et la productivité à partir d'un échantillon très similaire à celui que nous utilisons.

---

<sup>5</sup> Notons que les auteurs ont aussi utilisé la valeur ajoutée sans lui imposer de retard, bien qu'ils ne présentent pas les résultats de cette estimation, et qu'en aucun temps ils ne font mention d'un problème

La troisième étude a été réalisée par Scott (1997) et tient compte, en plus de la réglementation, d'un autre facteur influençant l'investissement en R-D, c'est-à-dire la concurrence entre les grandes entreprises qui est appelée généralement la compétition «schumpéterienne». Il y a présence d'un tel type de concurrence lorsqu'un marché est concentré. Dans le contexte de l'étude sur la rivalité en R-D, la concurrence augmente avec la concentration des firmes de l'industrie. Une plus forte concentration favoriserait donc l'investissement en R-D. Deux indices de concentration sont employés par l'auteur, c'est-à-dire le RC4 et le IHH, pour vérifier l'impact de la structure de marché sur le niveau de R-D effectuée. Le RC4 est le pourcentage des parts de marché détenue par les quatre plus importantes firmes d'une industrie alors que l'IHH, l'indice Herfindahl-Hirschman, est la somme des carrés des parts du total de l'industrie qui appartiennent à chaque entreprise. La première mesure donne l'importance des entreprises principales tandis que la deuxième tient compte de la répartition entière des tailles des entreprises. Comme mesure de la réglementation, Scott utilise le nombre moyen de polluants de l'air réglementés au sein d'une industrie<sup>6</sup>.

Les estimations ont été réalisées à partir de données, récoltées à l'aide d'un sondage, sur 55 firmes américaines faisant partie du *Business Week's (1993) R-D Scoreboard sample of R&D intensive US companies*. Ainsi, l'échantillon est extrait des firmes investissant le plus en R-D. Notons aussi que l'auteur a limité son échantillon aux seules firmes qui ont affirmé avoir entrepris des activités de recherche au niveau des polluants réglementés. Cette sélection des firmes étudiées est extrêmement limitative selon nous et fait en sorte que les conclusions de l'étude peuvent difficilement être appliquées à l'ensemble des entreprises. Il y a présence d'un biais de sélection.

Scott estime que la réglementation et la rivalité au sein des grandes entreprises sont associées avec des dépenses plus fortes en R-D. La présence de compétition augmenterait les probabilités qu'une firme rivale implante des processus qui permettraient d'atteindre des niveaux élevés auxquels le régulateur voudra que toutes les firmes se conforment par la suite. Afin de réduire les risques de ne pas avoir une technologie assez performante, l'entreprise investit davantage en R-D. Une concurrence étrangère plus forte est aussi liée, toutes choses étant égales par ailleurs, à des investissements plus importants en R-D. L'auteur conclut que la compétition

---

potentiel quant à l'endogénéité des variables utilisées.

«schumpéterienne», de même que la mise en place de normes environnementales, sont associées à des dépenses plus importantes en R-D<sup>7</sup>. Malgré les lacunes qu'elle comporte, cette étude met en relief le lien possible entre la structure de marché et l'innovation. D'autres auteurs se sont penchés sur la question, nous en parlons dans une prochaine section.

### 2.3.2 Études connexes

Pour compléter cette revue de littérature, nous présentons en quelques phrases deux études empiriques connexes pertinentes pour la réalisation de notre travail. Bien qu'elles ne traitent pas spécifiquement du lien entre la sévérité de la réglementation et l'innovation, elles constituent une source d'inspiration au niveau de la méthodologie à privilégier et des variables à considérer lorsqu'il est question d'un modèle économétrique expliquant l'innovation.

D'abord, Lajeunesse (1997) a étudié l'impact de la réglementation, au niveau de l'environnement et de la santé et sécurité au travail, sur la productivité de dix-sept industries manufacturières québécoises. En plus de tenir compte de l'aspect dynamique par l'utilisation de variables retardées, l'analyse prend en considération les variations de l'impact de la réglementation entre divers sous-ensembles tels que les industries les plus polluées, les moins polluées ou les plus exposées à la concurrence internationale. En théorie, l'impact de la réglementation devrait varier selon les sous-ensembles. L'hypothèse portérienne suggère que l'impact devrait être plus important dans les industries les plus exposées à la concurrence et dans les industries les plus polluées. Pour mesurer la sévérité de la réglementation, les dépenses encourues pour se conformer à la réglementation sont utilisées.

Les résultats montrent que le durcissement des règlements portant sur les questions environnementales génère un impact contemporain négatif sur la productivité mais que ce dernier tend à diminuer et même à devenir positif au fil du temps<sup>8</sup>. En supposant qu'une productivité accrue permet de réaliser des profits plus importants, il est possible de lier les résultats de Lajeunesse à la version forte de l'hypothèse de Porter, soulevée par Jaffe et Palmer, qui indique qu'une réglementation plus sévère peut mener à une hausse des profits. Ceci pourrait

---

<sup>6</sup> Précisément, il utilise la moyenne de NTAP, *number of Title III toxic air pollutants associated with a manufacturing industry*.

<sup>7</sup> Notons toutefois que le coefficient relié à la réglementation, bien que positif, n'est pas significatif.

<sup>8</sup> L'impact est positif après un seul retard, mais significatif uniquement pour le sous-ensemble des industries les plus exposées à la concurrence internationale. Après deux et trois retards, l'impact demeure positif et il est aussi significatif pour le sous-ensemble des entreprises les plus polluées de même que pour les industries les moins exposées à la concurrence internationale.

s'expliquer par la mise en application d'innovations qui peuvent améliorer la productivité. C'est ce que nous cherchons à voir dans ce travail.

Tel qu'anticipé, les résultats montrent que l'impact de la réglementation environnementale est plus important dans les secteurs les plus exposés à la concurrence internationale et dans ceux affichant les plus hauts niveaux de pollution. Bien que l'innovation n'ait pas été traitée spécifiquement dans cette étude, la méthodologie utilisée est profitable pour notre propre analyse. Nous retenons particulièrement l'idée de mesurer les impacts de la sévérité de la réglementation selon divers sous-ensembles. De plus, en mettant en parallèle nos résultats et ceux de Lajeunesse, il nous est possible d'apporter des éclaircissements aux versions faible et forte de l'hypothèse de Porter.

Une autre étude se rapprochant de notre sujet de recherche est celle de Popp (1998) qui met en relief l'impact des prix de l'énergie sur les innovations liées à l'utilisation efficiente de l'énergie. L'auteur estime que la connaissance des facteurs influençant les développements quant à la consommation d'énergie est importante pour la mise sur pied d'une politique environnementale. Popp s'interroge d'abord sur les variables pouvant influencer l'activité inventive. Il fait appel à deux théories de l'innovation, c'est-à-dire celle des occasions d'affaires et celle de la poussée technologique.

Pour tenir compte de la première, il utilise le facteur prix de l'énergie lié à l'hypothèse d'innovation induite<sup>9</sup>. La seconde théorie se penche sur l'importance de la base existante de connaissances pour la conception de nouvelles technologies. Pour tenir compte de ce dernier facteur, l'auteur conçoit une mesure particulièrement complexe basée sur les renseignements fournis dans les nouvelles demandes de brevet<sup>10</sup>. Les estimations montrent que les prix de l'énergie et l'utilité des connaissances actuelles ont des effets significatifs et positifs sur l'innovation.

Pour résumer ce survol de la littérature, disons qu'il est clair que les études empiriques réalisées jusqu'à maintenant ne permettent pas de discerner clairement l'impact de la sévérité de la

---

<sup>9</sup> L'hypothèse d'innovation induite se concentre sur l'impact du prix des facteurs sur les activités de R-D.

<sup>10</sup> L'auteur interprète le fait de citer des brevets antérieurs, dans une demande pour un nouveau brevet, comme une mesure de transfert des connaissances et indice du potentiel des technologies. Il se sert d'un modèle probabiliste pour estimer la probabilité qu'un brevet soit cité ultérieurement et utilise les résultats pour construire la variable « productivité de la recherche ».

réglementation sur l'innovation. En effet, Lanjouw et Mody se sont limités à l'analyse de tableaux de corrélation, Jaffe et Palmer ont obtenu des résultats contradictoires et les résultats de Scott sont probablement biaisés en raison de l'échantillon utilisé. Il est donc pertinent de poursuivre les recherches sur le sujet.

### 3 Modèle empirique

Cette partie présente le modèle que nous avons spécifié afin de déterminer l'effet de la sévérité de la réglementation sur l'effort d'innovation des entreprises. La première section donne un aperçu général de la spécification du modèle alors que la deuxième dresse un portrait détaillé des variables utilisées tout en faisant un retour sur ce qui nous a menés à choisir ces dernières. L'aspect dynamique de la réglementation, point important de l'argumentation de Porter, est ensuite traité afin de faire ressortir de quelle façon nous en tenons compte. Finalement, les données utilisées sont présentées.

#### 3.1 Spécification du modèle

À travers notre étude, nous cherchons à déterminer quel est l'impact de la sévérité de la réglementation environnementale sur les innovations réalisées par les industries manufacturières québécoises. Pour ce faire, nous développons le modèle suivant:

$$\text{INNO}_{it} = \text{cte} + \beta_1 (\text{TAILLE})_{it} + \beta_2 (\text{ENVIRO})_{it} + \beta_3 (\text{CONC})_{it} + \beta_4 (\text{POL})_{it} + \beta_5 (\text{CI})_{it} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i D_i + \sum_{t=1}^{t-1} \lambda_t D_t + \varepsilon_{it}$$

Où

$i = 1, \dots, n$  indique l'industrie  $t = 1, \dots, t$  et indique l'année

INNO = innovations au niveau de l'industrie

TAILLE = taille de l'industrie

ENVIRO = sévérité de la réglementation

CONC = niveau de concentration de l'industrie

POL = industries polluantes

CI = industries exposées à la concurrence internationale

$D_i$  = variable dichotomique associée aux industries

$D_t$  = variable dichotomique associée aux années

$B_i$  = coefficients estimés

Il s'agit d'un modèle économétrique<sup>11</sup> qui est estimé avec des données de type panel. Il tient

<sup>11</sup> Contrairement à Jaffe et Palmer, nous n'avons pas utilisé la forme logarithmique car certaines valeurs de nos variables sont égales à zéro.

compte des effets fixes  $\alpha_i$  pour les industries et des effets fixes  $\lambda_t$  pour le temps. Nous revenons en détail sur chacune des variables du modèle dans les parties suivantes.

Le modèle spécifié est très simple et néglige plusieurs variables intéressantes présentées dans la revue de littérature. Nous croyons qu'il est important de revenir sur ces variables afin d'expliquer leur absence dans notre modèle. Les subventions gouvernementales sont mises de côté, contrairement à Jaffe et Palmer, car notre variable expliquée inclut, comme nous le verrons plus loin, l'apport des gouvernements. Nous avons aussi dû oublier l'idée d'inclure une mesure des activités innovatrices des entreprises du secteur de l'environnement en raison du manque de disponibilité de données. Il en sera question plus en détail dans la prochaine section. Aucune variable spécifique n'est incluse pour tenir compte de la générosité des avantages fiscaux accordés pour les activités liées à l'innovation étant donné la complexité à trouver un estimateur valable. Cependant, tout changement important à cet effet peut être capté par les variables dichotomiques associées aux années.

De plus, bien que les deux théories soulevées par Popp soient de prime abord très intéressantes pour déterminer les variables à inclure dans un modèle économétrique portant sur l'innovation, nous n'en tenons pas compte dans notre spécification. D'abord comme Popp cible précisément les innovations reliées à la consommation de types particuliers d'énergie, il a pu utiliser les prix précis de ces formes d'énergie pour établir le lien entre les innovations et le prix des facteurs. De notre côté, comme nous utilisons une mesure beaucoup plus étendue de la notion d'innovation, nous ne pouvons trouver le prix d'un facteur particulier qui aurait un impact direct sur l'innovation en général.

En ce qui a trait à la base de connaissance existante comme variable pouvant expliquer l'activité inventive, il est extrêmement difficile de trouver une mesure qui constituerait un bon estimateur de ces connaissances accumulées. La construction d'un indice, comme le fait Popp, dépasse largement le cadre et les objectifs de notre travail.

Nous nous limitons donc à l'analyse du modèle présenté plus haut qui, selon nous, constitue un très bon point de départ pour analyser le lien entre la sévérité de la réglementation environnementale et l'innovation.

### 3.2 Variable expliquée

#### 3.2.1 Qu'est-ce que l'innovation ?

Comme il a été dit précédemment, l'hypothèse de Porter stipule qu'une réglementation environnementale plus sévère peut encourager les entreprises à innover. La signification exacte du terme innovation ne fait toutefois pas l'unanimité. Souder (1987) a recensé une dizaine de définitions communes de l'innovation. Elles sont présentées au tableau 2.

**Tableau 2 Quelques définitions communes de l'innovation**

Un processus créatif dans lequel deux ou plusieurs choses existantes sont combinées d'une manière différente de façon à produire une chose nouvelle et unique
Un ensemble d'activités complexes qui va de la conceptualisation d'une nouvelle idée à sa mise en pratique
Invention et implantation d'une nouvelle méthode ou d'un nouvel objet
Processus de changement social en réponse à une nouvelle technologie
Séquence d'événements de la génération d'une idée à son adoption
Idee ou concept totalement nouveaux
Adoption d'un changement qui est nouveau pour l'organisation, le groupe ou la société
Modification ou remaniement d'une entité existante
Tout ce qui est considéré comme nouveau parce qu'il est différent de la forme existante
Toute idée, pratique ou chose perçues comme étant nouvelle pour l'entité qui l'adopte
Tout ce qui est perçu comme nouveau par l'individu ou l'utilisateur

Source; Souder, W.E., Managing new product innovations, table 1-1, p.2. Traduction libre.

Selon Porter, l'innovation stimulée par la réglementation environnementale peut être classée en deux catégories. La première englobe toutes les nouvelles approches et technologies qui visent à réduire les coûts de traiter la pollution alors que la deuxième touche tous les types d'innovations qui permettent de s'attaquer directement à la source de la pollution. Sont comprises dans cette dernière catégorie toutes les innovations menant à une meilleure utilisation des intrants, à la création de nouveaux produits ou à l'amélioration de la gamme de produits existants. En fait, l'utilisation que fait Porter du terme innovation rejoint la définition générale donnée pour le terme anglais *innovation* dans le dictionnaire Collins:

*"Innovation is the introduction of new things or new methods"*

Dans ce contexte, il est évident que les innovations dont parle Porter peuvent être de nature très diverse allant d'un simple remaniement d'une chaîne de montage à la création d'un produit totalement nouveau.



### 3.2.2 Mesures de l'innovation

Le but de ce travail étant de tester empiriquement le fait que la sévérité de la réglementation stimule l'innovation, il nous faut trouver une mesure concrète de cette dernière. Trouver un indice qui permettrait de considérer toutes les innovations des entreprises n'est toutefois pas chose facile si nous considérons l'ensemble des définitions mentionnées plus haut. Pour analyser précisément les innovations mises de l'avant par les entreprises suite à des changements au niveau de la réglementation, une enquête poussée devrait être faite auprès des entreprises de toutes les industries étudiées et ce travail dépasserait largement le cadre de notre étude. De plus, si une telle recherche était entreprise, il est évident que des problèmes émergeraient au niveau de circonscrire ce qui constitue réellement une innovation et de mesurer celle-ci. La disponibilité des données et la fiabilité de ces dernières poseraient aussi des complications. Afin de nous guider dans le choix d'une mesure plus accessible, tout en étant un estimateur satisfaisant de l'innovation, nous nous tournons donc vers la littérature qui traite de la question.

Les données reliées à l'effort de recherche et développement et celles liées à la prise de brevets sont généralement utilisées lorsqu'il est question de mesurer l'inventivité, l'activité technologique ou l'innovation. (voir par exemple Levert 1984, Amesse 1982, Jaffe et Palmer 1997). Les premières sont considérées comme des mesures d'intrants puisqu'elles se concentrent sur la quantité de ressources, qu'elles soient monétaires ou humaines, affectées à un processus formel de R-D. Les secondes, appelées mesures d'extrants, se résument à approximer l'activité technologique par les titres de propriétés d'inventions. Les deux types de mesures comportent des avantages et des inconvénients.

Jaffe et Palmer ayant utilisé les dépenses encourues en R-D de même que le nombre de brevets émis dans leur analyse empirique de l'hypothèse de Porter, nous trouvions intéressant de prendre les mêmes mesures de façon à pouvoir comparer les résultats obtenus selon les données québécoises et les données américaines. Il nous est toutefois impossible d'utiliser, comme l'ont fait Jaffe et Palmer, les brevets émis comme mesure de l'innovation des entreprises manufacturières québécoises. En effet, le Canada a modifié en profondeur son système d'octroi de brevets en 1989 ce qui introduit des incohérences dans la série chronologique du nombre brevets émis. Nous devons donc nous concentrer sur les données au niveau de la R-D, plus particulièrement celles sur les dépenses totales intra-muros au titre de la R-D. Ces dernières incluent les dépenses au titre des travaux de R-D exécutés au sein de la société déclarante, y compris ceux financés par d'autres. Elles sont représentées par la **variable INNO** dans notre

modèle. Notons que Griliches (1990), dans une revue de littérature très complète portant sur les données liées aux brevets comme indicateurs économiques, souligne que plusieurs études ont montré qu'il y avait une forte corrélation entre le niveau de R-D d'une firme ou d'une industrie et le nombre de brevets reçus. Nous croyons donc que le fait d'utiliser uniquement la R-D comme mesure de l'innovation n'enlève rien à l'intérêt de notre étude. Nous sommes toutefois conscients des limites de cette variable pour mesurer l'innovation.

D'abord, il est important de noter le caractère aléatoire lié aux dépenses encourues pour la R-D. En effet, rien n'assure une firme qui consacre des ressources à la R-D qu'elle obtiendra des résultats satisfaisants. Comme le fait ressortir Levert (1984), les dépenses surestiment alors la capacité inventive. D'un autre côté, les innovations peuvent ne pas être le fruit d'un travail comptabilisé directement dans les données de R-D. Il y aurait alors sous-estimation de l'inventivité. Un autre point à souligner en ce qui a trait à la R-D concerne la productivité des ressources vouées à la R-D qui peut varier dans le temps. Jaffe (1986) identifie deux facteurs pouvant influencer la productivité de la R-D des firmes soient l'état de la technologie et les effets bénéfiques liés à la R-D exécutée par les autres firmes. L'impact de ces facteurs peut toutefois être capté par les variables ajoutées pour les effets fixes.

Aussi, cette mesure d'intrants n'indique que l'origine de l'activité technologique et non sa destination. En utilisant la R-D des industries du secteur manufacturier, nous faisons donc abstraction des efforts d'innovation réalisés par d'autres industries, mais dont les résultats peuvent être bénéfiques aussi pour les premières. Nous pouvons illustrer ces propos par les innovations des firmes de l'industrie de l'environnement qui sont commercialisées auprès des firmes polluantes. À cet effet, il aurait été intéressant de pouvoir considérer, dans notre spécification, les innovations des tierces parties, et plus spécifiquement celles de l'industrie de l'environnement. Ceci nous aurait permis de voir si ces dernières, fournisseurs de technologies environnementales, peuvent substituer l'effort de R-D des entreprises manufacturières. Malheureusement, aucune série de données chronologiques, que ce soit au niveau de l'effort de recherche, des innovations ou même de la taille de l'industrie, n'est disponible sur le secteur de l'environnement. Finalement, certains estiment (Levert 1984, par exemple) que les mesures incitatives proposées par les gouvernements pour investir en R-D peuvent augmenter artificiellement les dépenses de R-D déclarées par les entreprises. Comme il a été dit plus tôt, les effets des variations au niveau de la fiscalité et des interventions gouvernementales peuvent être captés par les variables associées aux années.

Bref, mesurer les innovations n'est pas évident, mais nous croyons que les dépenses de R-D constituent une mesure acceptable pour l'objectif de ce travail. Il est clair cependant que les résultats obtenus doivent être nuancés à la lumière des limites présentées ci-dessus.

### **3.3 Variables explicatives**

#### **3.3.1 La sévérité de la réglementation**

L'objectif de ce travail étant de déterminer si une réglementation environnementale plus sévère stimule l'innovation au sein des entreprises, il nous faut trouver une mesure de cette sévérité. Selon van Beers et van den Berg (1997), deux types de mesure sont possibles. D'abord, les mesures d'extrants englobent les résultats concrets de la réglementation tels que la quantité d'émissions d'une substance polluante quelconque ou les parts de marché de l'essence sans plomb. Certaines études (Gollop et Roberts 1983, Christainsen et Haveman 1981, van Beers et van den Berg 1997) ont utilisé une série de mesures d'extrants pour construire un indice de sévérité. Cette mesure suppose de faire l'hypothèse qu'une meilleure performance environnementale est causée par une plus grande rigueur de la réglementation.

De leur côté, les mesures d'intrants reflètent l'effort voué à la protection de l'environnement. De façon générale, les études qui ont recours à ces mesures utilisent une proxy qui traduit l'impact de la réglementation par les dépenses encourues par les entreprises pour se conformer aux normes environnementales. Cette méthode a été employée plusieurs fois au cours des dernières années. Les études de Dufour et al. (1998), Lajeunesse (1997), Jaffe et Palmer (1997), Lanjouw et Mody (1996) et de Gray et Shadbegian (1998) n'en sont que quelques exemples. La logique derrière l'utilisation d'une telle proxy est assez intuitive. En principe, les entreprises doivent consacrer davantage de ressources pour se conformer aux normes lorsque celles-ci deviennent plus strictes et que les contraintes exercées par les pouvoirs publics deviennent plus efficaces en raison de meilleurs moyens de contrôle ou d'amendes par exemple. Aux fins de ce travail, nous optons pour cette dernière méthode. Ce choix est surtout motivé par le fait que nous avons en notre possession la base de données portant sur les dépenses en lutte contre la pollution. Nous économisons ainsi temps et argent. De plus, nous pouvons mettre en parallèle nos résultats avec ceux d'autres études qui nous intéressent particulièrement, c'est-à-dire celles de Jaffe et Palmer (1997) et de Lajeunesse (1997), et qui ont elles aussi été basées sur cette approche.

Ainsi, pour mesurer l'impact de la réglementation environnementale sur l'innovation des entreprises, nous utilisons la **variable ENVIRO** qui représente les dépenses environnementales de l'industrie. Plus précisément, les données portent sur les dépenses en immobilisations pour la lutte contre la pollution effectuées par le secteur privé. Elles excluent les dépenses courantes comme la main d'œuvre et le matériel. Par conséquent, notre mesure constitue une borne inférieure aux dépenses totales de lutte contre la pollution. Nous croyons cependant que ces deux mesures sont hautement corrélées. Gagnon (1995) fait ressortir que les dépenses en immobilisations pour la lutte contre la pollution ont augmenté en termes absolus et en pourcentage des investissements totaux des industries canadiennes à partir de la fin des années 80. Cette hausse a suivi la prise de conscience des problèmes environnementaux par le public en général et l'application d'une réglementation plus sévère observée au début des années 90 à l'endroit de certaines industries polluantes. Ces observations nous permettent de croire que la variable choisie est un bon indice de la sévérité de la réglementation.

Les dépenses environnementales de chacune des industries sont calculées en utilisant les dix classes d'actifs spécifiées dans *l'Enquête sur les dépenses en immobilisations par types d'actifs* réalisée par Statistique Canada. Le tableau 3 expose la liste des actifs considérés comme étant reliés à la lutte contre la pollution.

**Tableau 3 Classes d'actifs reliées à la lutte contre la pollution**

Construction industrielle et commerciale	
•	Dépollution
•	Installations d'élimination des déchets
•	Installations d'épuration et d'évacuation des eaux usées, y compris les stations de pompage
•	Égouts, vannes, égouts pluviaux
•	Égouts collecteurs, fossés et égouts latéraux
•	Lagunes
•	Autres constructions de réseaux d'égouts
•	Système de traitement des résidus miniers
Machines et matériel général	
•	Matériel de dépollution
•	Matériel sanitaire

Source: Gagnon (1996), p.18.

### 3.3.2 Industries Polluantes

L'impact de la réglementation environnementale devrait être plus prononcé dans les secteurs industriels où les niveaux de pollution sont les plus élevés. En effet, si nous nous en tenons au fait que la pollution est le résultat d'une utilisation incomplète, inefficace ou non efficiente des ressources, les industries les plus polluées devraient avoir davantage d'occasions d'innover à ce niveau. Ainsi, l'imposition de normes plus sévères serait susceptible de stimuler davantage l'effort d'innovation de ces industries.

Pour vérifier cette affirmation, nous incluons une variable pour les industries les plus polluées. Nous ne suivons pas la méthodologie de Lajeunesse (1997) qui, pour les mêmes fins, a coupé son échantillon en deux, car nous jugeons que notre échantillon de base n'est pas suffisamment étendu pour que nous puissions le scinder en deux. Ainsi, notre modèle est plutôt étudié avec l'ajout d'une variable reflétant les industries les plus polluées. Cette variable a été construite en croisant la variable ENVIRO avec une variable dichotomique où les six industries les plus polluées prennent la valeur 1 et les industries les moins polluées la valeur 0<sup>12</sup>. En fait, la **variable POL** est construite comme suit:

$$POL_{it} = ENVIRO_{it} * PO_i$$

où PO prend la valeur 1 lorsqu'il s'agit d'une industrie polluante et 0 sinon

Vous trouverez à l'annexe 2 les détails sur le classement des industries.

### 3.3.3 Industries les plus exposées à la concurrence internationale

Selon Porter, les industries les plus exposées à la concurrence internationale devraient être plus affectées à la suite d'un resserrement de la réglementation. Effectivement, lorsque le cadre réglementaire national devient plus strict par rapport à ceux des pays étrangers, les industries confrontées à la concurrence internationale subissent une perte de compétitivité puisque leur productivité est affectée négativement par les coûts de se conformer à la réglementation. En principe, ces industries devraient donc investir davantage de ressources pour leur effort d'innovation afin de compenser la perte de compétitivité sur les marchés internationaux.

---

<sup>12</sup> L'information sur la quantité de rejets de polluants nous a guidés pour trancher entre les industries les plus polluées et les moins polluées.

Pour tenir compte de ce troisième aspect, nous procédons de la même façon que pour les industries les plus polluées. Nous incluons donc au modèle une variable pour les industries qui sont confrontées à une concurrence internationale plus importante. Elle est construite en croisant la variable ENVIRO avec une variable dichotomique où les sept industries les plus confrontées à la compétition étrangère prennent la valeur 1 et les autres la valeur 0<sup>13</sup>. Plus synthétiquement, la **variable CI** est définie comme suit:

$$CI_{it} = ENVIRO_{it} * INTER_i$$

où INTER prend la valeur 1 lorsqu'il s'agit d'une industrie confrontées davantage à la concurrence internationale et 0 sinon

L'annexe 3 présente le classement des indices de compétitivité par secteurs industriels.

### 3.3.4 Les variables de contrôle

#### *La taille de l'industrie*

Afin de contrôler pour la taille des industries, nous incluons dans notre spécification une mesure de la taille de chacune d'elles. Plusieurs auteurs estiment que la taille d'une entreprise ou d'une industrie est l'un des déterminants de l'intensité des activités inventives. La présence possible d'économies d'échelle, bien que plus spécifiquement liées à la taille de l'entreprise, est l'une des raisons expliquant ce phénomène. Intuitivement, nous sommes portés à penser que plus une industrie est importante, plus il y aura d'innovations à un niveau agrégé. Les résultats présentés par certaines études (Amesse (1982), Holemans et Sleuwaegen (1988), Jaffe et Palmer (1997) et Koeller (1995) par exemple) confirment que la taille a un impact positif et significatif sur l'innovation.

De façon générale, la valeur ajoutée et la valeur des livraisons sont utilisées comme mesure de la taille de l'industrie. Dans notre étude, nous utilisons la valeur ajoutée totale, notée **TAILLE**. Cette dernière est en fait la production nette qui est la production brute moins la consommation de produits achetés et travaux exécutés par d'autres. Jaffe et Palmer ont aussi utilisé cette

---

<sup>13</sup> L'observation des indices de concurrence internationale ne permettant pas de trancher de façon évidente entre les industries les plus et les moins confrontées à la concurrence internationale, nous avons tout simplement coupé l'échantillon en deux.

variable dans leur modèle. Pour vérifier la robustesse des résultats, nous utilisons aussi les livraisons totales comme autre mesure de la taille de l'industrie.

### *La concentration industrielle*

Plusieurs études<sup>14</sup> se sont penchées sur l'effet de la concentration industrielle sur l'effort technologique des firmes, dont celle de Scott (1997) dont nous avons parlé précédemment. La plupart d'entre elles concluent à un impact significatif bien que la direction de ce dernier ne fasse pas l'unanimité. Afin d'isoler l'effet de la structure de marché sur les dépenses en R-D, nous avons donc jugé qu'il était souhaitable d'inclure un indice de concentration industrielle dans notre spécification. Ce dernier est noté **CONC** dans l'équation présentée précédemment. Deux indices différents sont successivement utilisés comme mesure de la concentration industrielle. Nous incluons d'abord le RC4 qui est la part de marché des quatre plus grandes firmes. Pour vérifier la robustesse des résultats, nous substituons ensuite au RC4 l'indice Herfindahl-Hirschman, qui représente la somme des carrés des parts de marché du total de l'industrie appartenant à chaque entreprise.

Comme nous l'avons souligné plus tôt, les résultats de Scott indiquent que des plus fortes concentrations industrielles sont associées à des dépenses plus élevées en R-D chez les firmes étudiées. Cette thèse a longtemps été défendue par Schumpeter. D'autres travaux présentent toutefois des résultats contraires comme ceux de Acs et Audretsh 1988, Lunn 1989 et Koeller 1995. L'effet attendu de l'indice de concentration sur le niveau de R-D n'est donc pas clair à première vue. Il est bon de noter que plusieurs écrits<sup>15</sup> se sont aussi penchés sur le fait que la structure de marché soit influencée par les activités innovatrices. L'innovation pourrait aider à créer temporairement un pouvoir de marché, favoriser la croissance des firmes et de leur part de marché et possiblement accroître la concentration industrielle. Vous verrez plus loin comment nous tenons compte de l'endogénéité potentielle de la variable CONC.

---

<sup>14</sup> Voir, par exemple, Kamien et Schwartz 1975, Baldwin et Scott 1987, Acs et Audretsh 1988, Lunn 1986 et 1989, Koeller 1995.

<sup>15</sup> Voir, par exemple, Lunn 1986 et 1989, Koeller 1995.

### **3.4 Aspect dynamique de la réglementation**

Comme nous l'avons souligné dans la revue de littérature, Porter fait ressortir le caractère dynamique de l'impact de la réglementation environnementale sur la productivité et la compétitivité des entreprises. En fait, une hausse de la sévérité de la réglementation stimulerait d'abord l'effort d'innovation des entreprises qui, de son côté, permettrait après un certain laps de temps de compenser partiellement, ou même davantage, les coûts supportés par les entreprises pour se conformer aux nouvelles lois. Afin de tenir compte du caractère dynamique des effets de la réglementation, nous choisissons d'assigner un retard à la variable ENVIRO. Pour mieux comparer nos résultats avec ceux de Jaffe et Palmer (1997), nous avons aussi assigné, comme eux, un retard à la variable TAILLE qui représente la taille de l'industrie. Une deuxième forme retardée de la variable ENVIRO est aussi étudiée. En effet, nous utilisons la moyenne des dépenses environnementales des trois années précédentes comme autre mesure retardée de la sévérité de la réglementation.

Toutefois, nous avons jugé bon d'étudier un modèle qui n'inclut aucun retard. En effet, bien qu'il soit logique que l'effet de la réglementation sur la productivité ou la compétitivité ne se fasse sentir qu'après un certain temps, c'est-à-dire après une période suffisamment longue pour que les entreprises aient pu intégrer des innovations à leurs processus et produits, il n'est pas impossible que l'effort de R-D soit affecté à la même période que le resserrement de la réglementation. De cette façon, les entreprises rechercheraient immédiatement des solutions, ou des innovations, leur permettant de contrecarrer les coûts imposés par la réglementation et de devenir éventuellement plus productives et compétitives.

Donc, comme les écrits de Porter ne sont pas clairs sur la question, nous étudions notre modèle de deux façons différentes. D'abord aucun retard n'est imposé aux variables du modèle. Puis, nous étudions un deuxième modèle, identique au premier quant aux variables incluses, où nous retardons d'une période les variables ENVIRO et TAILLE. Ce deuxième modèle se rapproche de celui estimé par Jaffe et Palmer. Évidemment, les variables POL et CI sont elles aussi retardées d'une période lorsqu'un retard est assigné à la variable ENVIRO.



### 3.5 Description des données

Notre banque de données est de type panel et couvre 14 industries manufacturières québécoises pour la période allant de 1985 à 1995. Nous ne pouvons remonter plus loin dans le temps en raison de la disponibilité de notre mesure de la sévérité de la réglementation. Puis, les données sur la R-D et la concentration industrielle n'étant pas disponibles au-delà de 1995, nous devons circonscrire la période étudiée aux onze années mentionnées. Vous trouverez à l'annexe 4 la liste des industries étudiées. Nous nous concentrons sur les industries manufacturières, car ce sont celles qui sont les plus susceptibles d'être touchées par les lois environnementales. Les données sur la valeur ajoutée et les livraisons totales proviennent des séries matricielles de CANSIM produites par Statistique Canada alors que celles sur la R-D proviennent du catalogue 88-202 produit par le même organisme.

Les données sur la mesure de la sévérité de la réglementation (ENVIRO) et les indices de concentration ont été obtenus suite à une requête spéciale faite auprès de Statistique Canada. Il en est de même pour les données utilisées pour construire l'indice de compétitivité servant à déterminer les industries les plus exposées à la concurrence internationale. Les indices de concentration ne sont disponibles qu'au niveau des industries à quatre chiffres<sup>16</sup>. Pour agréger les données au niveau des industries à deux chiffres, nous avons fait une moyenne pondérée, par les livraisons totales, des ratios reflétant la concentration des industries à quatre chiffres. Notons aussi que les ratios utilisés reflètent la structure de marché à l'échelle canadienne, les données québécoises n'étant pas disponibles. Finalement, les renseignements destinés à établir les sous-ensembles des industries les plus et les moins polluantes ont été tirés de *l'Inventaire national des rejets des polluants* (1994).

L'annexe 5 présente les statistiques descriptives des variables utilisées lors des estimations empiriques ainsi qu'un tableau synthétisant les renseignements sur chacune des variables.

---

<sup>16</sup> Les industries à quatre et deux chiffres signifient le degré de désagrégation des industries dans les données de Statistique Canada. Plus le numéro de classification à de chiffres, plus le niveau de désagrégation est élevé.

#### 4 Méthodes d'estimation

Afin de tester si un resserrement de la réglementation environnementale a un impact sur le niveau de R-D des industries manufacturières, nous procédons à différentes estimations empiriques à l'aide de trois méthodes distinctes.

Dans un premier temps, nous utilisons la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) pour analyser notre modèle. Cependant, les données de type panel s'accompagnent généralement de problèmes d'autocorrélation des résidus et d'hétéroscédasticité ce qui viole les hypothèses de base que sous-tend l'utilisation des MCO. Pour tenir compte de cette réalité, nous faisons donc appel, dans un deuxième temps, à la méthode élaborée par Kmenta<sup>17</sup>. L'idée générale derrière cette dernière est d'utiliser la procédure des moindres carrés généralisés (MCG) pour estimer le modèle, et ce, en prenant soin d'intégrer la matrice de variance-covariance,  $\Omega$ , appropriée. Cette dernière doit être congruente avec les hypothèses présentées un peu plus bas.

La procédure que Kmenta propose permet de tenir compte de l'hétéroscédasticité entre les industries et de l'autocorrélation des résidus au sein d'une même industrie. La méthode utilisée pose donc les hypothèses suivantes :

$$\begin{array}{ll} E(\varepsilon_i^2) = \sigma_i^2 & \text{hétéroscédasticité} \\ E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{jt}) = 0 & \text{indépendance entre les industries} \\ \varepsilon_{it} = \rho_i \varepsilon_{i, t-1} + \mu_{it} & \text{autocorrélation} \end{array}$$

Selon ces hypothèses la matrice  $\Omega$  appropriée devient<sup>18</sup> :

$$\Omega = \begin{bmatrix} \mathbf{s}_1^2 V & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ 0 & & & \mathbf{0} \\ \dots & \dots & & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{s}_N^2 V \end{bmatrix}$$

<sup>17</sup> Kmenta, J., chapitre 12.

<sup>18</sup> Nous supposons ici un même paramètre  $\rho$  pour toutes les industries:  $\rho_i = \rho \forall i$ .

où

$$V = \begin{bmatrix} 1 & \mathbf{r} & \mathbf{r}^2 & \dots & \mathbf{r}^{T-1} \\ \mathbf{r} & 1 & \mathbf{r} & \dots & \mathbf{r}^{T-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{r}^{T-1} & \mathbf{r}^{T-2} & \mathbf{r}^{T-3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Enfin, pour pallier les problèmes possibles liés à l'endogénéité de certaines variables incluses dans notre modèle, nous utilisons la méthode des doubles moindres carrés ordinaires (2SLS) que nous modifions toutefois quelque peu afin de tenir compte de nos données qui sont de type panel. En fait, nous intégrons la méthode de Kmenta à la procédure 2SLS afin d'avoir une procédure qui corrige à la fois pour l'autocorrélation, l'hétéroscédasticité et l'endogénéité. Comme nous n'avons pas recours à une approche traditionnelle et couramment utilisée, il est bon de prendre quelques lignes pour expliciter les différentes étapes effectuées. Notez que la procédure est illustrée uniquement à l'aide d'un modèle de base, c'est-à-dire qui n'inclut aucune variable retardée ni les variables POL et CI, mais que la même méthode est appliquée à toutes les différentes formes de notre modèle que nous estimons.

Nous nous penchons sur l'endogénéité potentielle des variables TAILLE, ENVIRO et CONC. Nous avons déjà discuté du caractère endogène possible de la variable CONC mais pas encore de celui de TAILLE et ENVIRO. Dans le premier cas, il est possible que l'investissement en R-D ait un impact direct sur la taille des industries, particulièrement celles où les développements technologiques sont un facteur clé de succès ou de croissance. Dans le deuxième cas, il est probable que le niveau de R-D exécuté par les entreprises influence directement les coûts supportés par ces dernières pour se conformer à la réglementation. Ainsi, TAILLE, ENVIRO et CONC sont toutes les trois instrumentées<sup>19</sup>.

Pour ce faire, nous régressons chacune de ces variables sur ces mêmes variables, mais retardées d'une période, de même que sur toutes les variables exogènes du modèle. Plutôt que d'utiliser les MCO pour exécuter cette première étape comme le suggère la procédure 2SLS, nous procédons à l'aide de la méthode de Kmenta en raison de l'emploi de données de type panel. Nous calculons ensuite les valeurs prédites ( $\hat{Taille}$ ,  $\hat{Enviro}$ ,  $\hat{Conc}$ ) des variables endogènes à l'aide des

<sup>19</sup> Dans les modèles où TAILLE et ENVIRO ont été retardées, seule CONC a été instrumentée. De plus, les variables représentant les industries les plus polluantes et les plus soumises à la concurrence internationale ont aussi été instrumentées lorsqu'elles étaient intégrées dans le modèle sans retard.

coefficients estimés. Habituellement, une fois cette étape franchie, il suffit d'utiliser les MCO pour estimer un modèle où sont introduites les variables instrumentales plutôt que les variables du modèle de base. Nous trouvons alors les coefficients recherchés et il ne reste qu'à revenir au modèle initial pour calculer les résidus.

Dans notre cas, comme nous avons des données de panel, la méthode des MCO n'est pas appropriée pour procéder à la deuxième étape du 2SLS. Nous nous inspirons donc de la méthode de Kmenta pour modifier adéquatement cette seconde étape. Notre travail consiste alors à bâtir la matrice  $\Omega$  appropriée comme l'explicite Kmenta, et ce, tout en tenant compte du fait que nous utilisons des variables instrumentales. Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement le cheminement que nous suivons.

Nous utilisons d'abord la méthode des MCO pour estimer un modèle dans lequel nous substituons les variables instrumentales aux variables initiales qui présentent un risque de causer des problèmes d'endogénéité ( $\hat{Taille}$ ,  $\hat{Enviro}$ ,  $\hat{Conc}$ ). Puis, nous calculons les bons résidus en utilisant les coefficients obtenus et les variables du modèle initial plutôt que les variables instrumentales. Les résidus corrigés sont ensuite utilisés pour construire le paramètre  $\hat{\mathbf{r}}$ , estimateur de l'élément  $\rho$  de la matrice  $\Omega$ , qui nous permet de corriger pour l'autocorrélation.

$$\hat{\mathbf{r}} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T e_{it} e_{i,t-1}}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T e_{i,t-1}^2}$$

Notez que nous utilisons le même paramètre pour chacune des industries. Une fois ce paramètre trouvé nous procédons à la transformation de notre modèle de la façon suivante:

$$INNO_{it}^* = cte + \beta_1 \hat{Taille}_{it} + \beta_2 \hat{Enviro}_{it} + \beta_3 \hat{Conc}_{it} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i D_i^* + \sum_{t=1}^{t-1} \lambda_t D_t^* + \hat{\mathbf{e}}_{it}^*$$

Où  $INNO_{it}^* = \sqrt{1 - \mathbf{r}^2} INNO_{it}$  lorsque  $t = 1$

$INNO_{it}^* = INNO_{it} - \mathbf{r} INNO_{i,t-1}$  lorsque  $t = 2, 3, \dots, N$

les mêmes transformations sont aussi réalisées sur chacune des variables explicatives du modèle.

Le but de ces transformations est d'estimer  $\mathbf{s}_i^2$  à partir d'observations qui sont, au moins asymptotiquement, non-autorégressives. Pour ce faire, nous appliquons la méthode des MCO au modèle transformé. Une fois cette étape réalisée, nous nous servons des résidus pour construire un estimateur de  $\mathbf{s}_i^2$  soit  $s_i^2$ . Toutefois, nous devons encore une fois revenir au modèle initial, dont les variables ont subi la transformation pour l'autocorrélation, pour calculer les bons résidus. Nous calculons alors  $s_i^2$  :

$$s_i^2 = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \mathbf{e}_{it}^{*2}}{1 - \mathbf{r}^2}$$

Maintenant que nous avons des estimateurs de  $\mathbf{r}$  et de  $\mathbf{s}_i^2$ , nous sommes en mesure de construire la matrice  $\Omega$  que nous utilisons lors de l'estimation, par la méthode MCG, du modèle incluant les variables instrumentales. Bien qu'une longue procédure ait été nécessaire pour arriver à cette étape, elle correspond en fait à la deuxième étape de la procédure 2SLS traditionnelle. Pour demeurer sur la bonne voie, nous calculons bien sûr les résidus finaux en utilisant les coefficients obtenus à l'aide de la méthode MCG et les variables du modèle initial. Nous obtenons alors les estimés souhaités des coefficients et de leur variance respective.

Bref, la troisième procédure que nous utilisons nous permet de considérer à la fois l'autocorrélation des résidus, l'hétéroscédasticité au niveau des variances des différentes industries et l'endogénéité des variables du modèle. La prochaine partie fait état des résultats obtenus pour différents modèles, et ce, selon les différentes méthodes utilisées.

## 5 Résultats

### 5.1 Présentation des résultats

Les deux tableaux de la page suivante (tableaux 4 et 5) font état des résultats obtenus selon les différentes méthodes d'estimation employées. Vous trouverez d'abord les résultats des estimations réalisées à partir des modèles n'incluant aucune variable retardée suivis de ceux obtenus avec les modèles où les variables TAILLE et ENVIRO sont retardées d'une période. Rappelons que la variable POL est incluse pour isoler l'impact de la sévérité de la réglementation sur les industries les plus polluées alors que la variable CI fait la même chose pour les industries qui sont davantage exposées à la concurrence internationale.

Afin de faciliter la lecture des tableaux, nous présentons ci-dessous les quatre différentes équations évaluées. Elles ont été estimées avec chacune des trois méthodes vues précédemment. En ce qui a trait aux modèles avec retard, les mêmes équations sont estimées, mais la variable ENVIRO ainsi que les variables POL et CI, lorsqu'elles sont intégrées, sont retardées.

Équations estimées :

$$\begin{aligned}
 1) \text{ INNO}_{it} &= \text{cte} + \beta_1 (\text{TAILLE})_{it} + \beta_2 (\text{ENVIRO})_{it} + \beta_3 (\text{CONC})_{it} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i D_i + \sum_{t=1}^{t-1} \lambda_t D_{t+} + \varepsilon_{it} \\
 2) \text{ INNO}_{it} &= \text{cte} + \beta_1 (\text{TAILLE})_{it} + \beta_2 (\text{ENVIRO})_{it} + \beta_3 (\text{CONC})_{it} + \beta_4 (\text{POL})_{it} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i D_i + \sum_{t=1}^{t-1} \lambda_t D_{t+} + \varepsilon_{it} \\
 3) \text{ INNO}_{it} &= \text{cte} + \beta_1 (\text{TAILLE})_{it} + \beta_2 (\text{ENVIRO})_{it} + \beta_3 (\text{CONC})_{it} + \beta_5 (\text{CI})_{it} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i D_i + \sum_{t=1}^{t-1} \lambda_t D_{t+} + \varepsilon_{it} \\
 4) \text{ INNO}_{it} &= \text{cte} + \beta_1 (\text{TAILLE})_{it} + \beta_2 (\text{ENVIRO})_{it} + \beta_3 (\text{CONC})_{it} + \beta_4 (\text{POL})_{it} + \beta_5 (\text{CI})_{it} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i D_i + \\
 &\quad \sum_{t=1}^{t-1} \lambda_t D_{t+} + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}$$

Notons aussi que nos résultats sont robustes à divers changements tels que remplacer la valeur ajoutée par les livraisons totales comme mesure de la taille de l'industrie ou utiliser l'indice d'Herfindahl plutôt que le RC4 comme mesure de la concentration industrielle.

**Tableau 4 Modèles sans variable retardée**

Variables	OLS				KMENTA				2SLS modifiée			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TAILLE	0.60360 <sup>1</sup> (2,955)	0,5356 <sup>1</sup> (2,670)	0,5136 <sup>1</sup> (2,552)	0,5355 <sup>1</sup> (2,666)	-0,0094 (-0,135)	0,0297 (0,3696)	0,0227 (0,288)	0,0293 (0,3633)	0,4313 <sup>1</sup> (2,368)	0,7228 <sup>1</sup> (3,838)	0,6330 <sup>1</sup> (3,213)	0,7294 <sup>1</sup> (3,912)
ENVIRO	-0,03147 <sup>1</sup> (-2,359)	-0,55411 (-1,552)	-0,3331 (-0,966)	-0,5021 (-1,384)	-0,0024 (-0,579)	-0,0852 (-0,776)	-0,0706 (-0,729)	-0,0859 (-0,7819)	-0,0110 (-0,682)	-0,4765 <sup>2</sup> (-2,117)	-0,4557 <sup>2</sup> (-2,309)	-0,4863 <sup>2</sup> (-2,156)
RC4	-2,5025 <sup>3</sup> (-1,679)	-2,0945 (-1,327)	-2,2146 (-1,391)	-2,1886 (-1,381)	-0,4065 (-0,716)	-0,60458 (-0,973)	-0,6034 (-0,973)	-0,6218 (-0,999)	0,0536 (0,0628)	1,054 (1,18)	0,9079 (0,946)	1,0474 (1,173)
POL		0,5252 (1,473)		1,0666 (1,439)		0,0802 (0,734)		0,0837 (0,315)		0,4374 <sup>3</sup> (1,946)		0,4322 (1,370)
CI			0,3044 (0,884)	-0,5932 (-0,833)			0,0659 (0,684)	-0,0028 (-0,012)			0,4204 <sup>2</sup> (2,135)	0,0147 (0,068)
R <sup>2</sup>	0,9486	0,9583	0,9578	0,9586	0,8603	0,9140	0,9047	0,9087	0,9179	0,9213	0,9166	0,9255

Note: Les valeurs entre parenthèses représentent les statistiques t de Student

<sup>1</sup>significatif au seuil de 1% (2,326), <sup>2</sup> significatif au seuil de 5% (1,96), <sup>3</sup> significatif au seuil de 10% (1,645)

**Tableau 5 Modèles avec variables retardées**

Variables	OLS				KMENTA				2SLS modifiée			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TAILLE1	0.8630 <sup>1</sup> (3,551)	0,96059 <sup>1</sup> (3,972)	0,97678 <sup>1</sup> (3,952)	0,9229 <sup>1</sup> (3,715)	0,2244 <sup>2</sup> (2,099)	0,24436 <sup>2</sup> (2,233)	0,2329 <sup>2</sup> (2,123)	0,2505 <sup>2</sup> (2,245)	0,2350 (1,257)	0,2335 (1,584)	0,2243 (1,517)	0,2406 (1,616)
ENVIRO1	-0,0124 (-0,767)	-0,80854 <sup>1</sup> (-2,403)	-0,6987 <sup>2</sup> (-1,980)	-0,7389 <sup>2</sup> (-2,099)	-0,0032 (-0,722)	-0,14985 (-1,148)	-0,1379 (-1,073)	-0,1582 (-1,171)	0,0065 (0,432)	-0,1553 (-0,877)	-0,1473 (-0,844)	-0,1646 (-0,908)
RC4	-3,0023 <sup>3</sup> (-1,943)	-2,7176 <sup>3</sup> (-1,788)	-2,747 <sup>3</sup> (-1,793)	-2,7521 <sup>3</sup> (-1,806)	-0,5697 (-1,021)	-0,53163 (-0,8965)	-0,47710 (-0,804)	-0,5252 (-0,877)	-0,1113 (-0,135)	-0,1133 (-0,139)	-0,0495 (-0,061)	-0,1154 (-0,1421)
POL1		0,7962 <sup>1</sup> (2,368)		1,4009 (1,493)		0,14587 (1,121)		0,1729 (0,4075)		01510 (0,854)		0,1505 (0,259)
CI1			0,68672 <sup>3</sup> (1,947)	-0,6746 (-0,691)			0,13401 (1,045)	-0,0191 (-0,0449)			0,1431 (0,822)	0,0094 (0,0164)
R <sup>2</sup>	0,9591	0,9610	0,9604	0,9612	0,9067	0,9158	0,9112	0,9194	0,9065	0,9153	0,9109	0,9190

Note: Les valeurs entre parenthèses représentent les statistiques t de Student

<sup>1</sup>significatif au seuil de 1% (2,326), <sup>2</sup> significatif au seuil de 5% (1,96), <sup>3</sup> significatif au seuil de 10% (1,645)

## 5.2 *Analyse des résultats*

### 5.2.1 **Modèles sans retard**

Si nous observons les résultats obtenus, nous remarquons qu'ils varient considérablement selon les différentes méthodes d'estimation utilisées. Nous pouvons conclure qu'il y a présence d'autocorrélation, d'hétéroscédasticité et que certaines variables sont effectivement endogènes. Dans le cas contraire les résultats auraient été très semblables peu importe l'approche utilisée. Nous nous limitons donc à analyser plus en détail les résultats découlant de l'utilisation de la méthode 2SLS modifiée qui corrige pour tous les problèmes soulevés précédemment.

Tel qu'attendu, la variable TAILLE, qui reflète la taille de l'industrie mesurée par la valeur ajoutée, a un impact positif et significatif sur le niveau de R-D exécutée au sein de l'industrie. La structure de marché, représentée par la variable CONC et mesurée par le RC4, n'a de son côté aucun impact significatif. Quant au coefficient de la variable ENVIRO, mesure de la sévérité de la réglementation, il n'est malheureusement pas significatif lorsque nous regardons l'ensemble des industries (équation 1). Ainsi, la sévérité de la réglementation n'incite pas les entreprises des industries étudiées à innover ou du moins à investir davantage en R-D.

Toutefois, les résultats deviennent plus intéressants lorsque nous prenons soin de différencier l'impact que peut avoir un resserrement des normes environnementales selon divers groupes d'industries. Si nous regardons d'abord les résultats où la variable POL est ajoutée à la spécification (équation 2), nous remarquons que la réglementation a un impact négatif et significatif sur les industries les moins polluantes. Notons que le coefficient de la variable ENVIRO nous permet d'observer directement cet effet. Pour ce qui est des industries les plus polluantes, un resserrement de la réglementation environnementale a aussi un impact négatif sur leurs innovations, mesurées par les dépenses en R-D. Cependant, l'effet est beaucoup plus faible puisque le coefficient associé à ces industries est de  $-0,039$  comparativement à  $-0,477$  pour les industries moins polluantes<sup>20</sup>. En ce qui a trait aux résultats obtenus lorsque la variable CI est introduite (équation 3), ils sont très semblables à ceux observés avec l'ajout de la variable POL. En effet, la sévérité de la réglementation a un impact négatif et significatif autant pour les industries les plus confrontées à la concurrence internationale que pour celles qui le sont moins.

---

<sup>20</sup> Pour calculer l'effet de la sévérité de la réglementation sur la R-D des industries polluantes, nous devons additionner les coefficients des variables POL et ENVIRO.



L'impact est toutefois moindre chez les premières, le coefficient leur étant associé s'élevant à  $-0,035$ . Rappelons qu'il s'élève à  $-0,456$  pour les secondes.

Ainsi, contrairement à ce qu'annonce l'hypothèse de Porter, la sévérité de la réglementation a un impact défavorable significatif sur le niveau de R-D des entreprises étudiées. Alors que Porter avance que les effets positifs de la réglementation environnementale devraient être plus prononcés chez les industries polluantes et confrontées à une concurrence mondiale plus intense, nos résultats montrent que l'effet négatif observé est beaucoup moins important au sein de ces deux groupes.

Si nous jetons un coup d'œil à la quatrième spécification où les variables POL et CI sont conjointement intégrées au modèle (équation 4), les résultats vont dans le même sens. Ajouter simultanément ces deux variables nous permet simplement de raffiner encore davantage l'analyse en nous permettant de distinguer, par exemple, entre les industries polluantes mais non exposées à une forte concurrence internationale et celles qui sont à la fois polluantes et confrontées à la concurrence mondiale. Pour tous les sous-groupes possibles, l'effet de la réglementation sur le niveau de R-D s'avère négatif et significatif, exception faite des industries polluantes mais non confrontées à la concurrence. En effet, le coefficient associé à ce groupe est positif mais non significatif. Il est difficile d'expliquer pourquoi ces industries se distinguent des autres. Aucune raison ne semble logique à première vue. Soulignons cependant que ce groupe n'englobe que deux industries de notre échantillon.

Nos résultats font ressortir l'intérêt de raffiner l'analyse en segmentant les industries étudiées. Effectivement, l'étude de l'ensemble des industries nous amène à conclure que la sévérité de la réglementation n'a pas d'impact sur l'innovation, lorsque cette dernière est mesurée par les dépenses de R-D, alors que les résultats obtenus lorsque nous prenons soin de distinguer les industries en les classant dans divers sous-groupes nous montrent que l'effet est négatif. Aussi, cette distinction nous permet de constater que l'effet est plus ou moins grand selon le type d'industries.

Pour terminer l'analyse des résultats des modèles sans retard, disons quelques mots sur les coefficients estimés, et leur écart-type, pour les variables spécifiques aux industries et aux périodes qui sont présentés à l'annexe 6. D'abord, peu importe le modèle ou la méthode d'estimation, quatre industries se distinguent, c'est-à-dire que leurs coefficients sont toujours

positifs, significatifs et passablement plus élevés que ceux obtenus pour les autres industries. Ces quatre secteurs industriels sont machinerie, matériel de transport, produits électriques et électroniques de même que chimique. Ces résultats ne sont pas étonnants puisque ce sont des industries où les développements technologiques sont nombreux et où l'investissement en R-D est important. Quant aux variables spécifiques aux années, leurs coefficients sont très petits et tous non significatifs.

Bref, nos résultats ne permettent pas de conclure que la sévérité de la réglementation stimule l'innovation au niveau agrégé, lorsque cette dernière est mesurée par les dépenses en R-D. Au contraire, elle inciterait les entreprises à réduire leurs efforts en R-D. Avec de tels résultats, il nous est difficile de nous prononcer sur les trois versions de l'hypothèse de Porter qu'ont mises en relief Jaffe et Palmer. D'abord, nous ne pouvons rien dire sur la version étroite, qui stipule que certains types de réglementation stimulent l'innovation, puisque notre travail ne consiste pas à comparer divers types de réglementation. Dans un deuxième temps, nous ne pouvons complètement rejeter, même si nos résultats sont négatifs, la version faible voulant que la sévérité de la réglementation puisse entraîner certains types d'innovation puisque notre mesure se concentre sur les dépenses en R-D. Comme nous l'avons dit plus tôt, certaines innovations peuvent échapper à notre propre mesure de ces dernières. Si les entreprises diminuent leurs dépenses en R-D afin d'investir dans un processus moins formel de développement qui les amène à intégrer des innovations pour respecter les nouvelles normes environnementales, mais dont les charges ne sont pas comptabilisées dans les dépenses de R-D, l'hypothèse de Porter tient toujours. Une analyse plus poussée au niveau des innovations apportées par les entreprises suite à un durcissement des normes environnementales devrait être entreprise pour éclaircir la question. Si nous nous en tenons strictement à notre étude, nous rejetons cependant la version faible.

En ce qui a trait à la version forte qui indique qu'une nouvelle réglementation peut entraîner une hausse de profits grâce aux innovations qu'elle stimule, il est évident que notre conclusion face à la version faible nous amène à la rejeter elle aussi. Si nous mettons en parallèle notre étude et celle de Lajeunesse (1997) comme nous l'avons suggéré dans une section précédente, nous pouvons conclure qu'un resserrement des normes peut effectivement mener à des effets indirects positifs, une plus grande productivité dans le cas présent, mais que ceci n'est pas attribuable à un effort plus important en terme de R-D. Comme nous l'avons dit un peu plus tôt au sujet de la version faible, il serait bon d'étudier plus précisément les innovations liées à la protection de

l'environnement pour pouvoir se prononcer plus catégoriquement sur la version forte. Cette analyse permettrait peut-être d'expliquer la présence d'effets indirects positifs.

Finalement, il ne faut pas oublier le fait que notre étude néglige complètement l'industrie de l'environnement et les achats effectués par les industries manufacturières auprès de cette dernière. Selon un rapport de Statistique Canada, *Dépenses de protection de l'environnement du secteur des entreprises 1995*, la R-D liée à l'environnement effectuée à l'interne est en grande partie associée à des entreprises spécialisées en R-D ou à des entreprises pour lesquelles la fabrication de produits environnementaux est une activité principale ou secondaire. Une étude qui tiendrait compte de cet aspect, bien qu'elle soit difficile à réaliser pour le moment en raison du peu de données disponibles sur le secteur, permettrait de voir si la sévérité de la réglementation a un impact sur les ventes de technologies vertes ou de produits innovateurs des firmes de l'industrie de l'environnement. Il serait alors possible de vérifier si l'industrie de l'environnement substitue l'effort d'innovation des entreprises manufacturières qui préféreraient alors, c'est-à-dire lorsque la réglementation devient plus sévère ou exigeante, s'approvisionner directement auprès de spécialistes lorsqu'il serait question d'innovations pour protéger l'environnement. Cette situation pourrait expliquer l'impact négatif de la sévérité sur les dépenses internes en R-D. En effet, les entreprises réduiraient leurs propres dépenses en R-D pour s'approvisionner en technologies auprès de firmes spécialisées dans le domaine environnemental. Ceci rejoindrait les propos de Heyes présentés dans la revue de littérature.

Bien que nous essayons de faire ressortir des causes possibles de l'absence d'effet, ou plutôt d'effets négatifs lorsque nous raffinons l'analyse, de la sévérité de la réglementation sur le niveau de R-D des industries manufacturières, loin de nous l'idée de croire que les résultats obtenus sont uniquement imputables aux limites des variables choisies et des modèles estimés. Nous voulons simplement mettre en relief le fait que plusieurs pistes de recherche doivent être explorées avant de pouvoir définitivement mettre de côté l'hypothèse de Porter ou du moins la partie de celle-ci voulant que la sévérité de la réglementation stimule l'innovation. N'oublions pas que Porter positionne son argumentation dans un contexte où une réglementation environnementale adéquate est mise en place ce qui ne reflète pas le cadre réglementaire québécois. Jusqu'ici, nous pouvons uniquement dire que la sévérité de la réglementation a un impact contemporain négatif sur le niveau de R-D des industries manufacturières, et ce, qu'elles soient polluantes ou non.

### 5.2.2 Modèles avec retard

Les résultats avec les modèles où les variables TAILLE et ENVIRO sont retardées sont beaucoup moins intéressants. L'analyse sera donc très succincte puisque nous ne pouvons rien ajouter de bien pertinent à ce qui a été dit lors de l'analyse des modèles sans retard. Remarquons d'abord qu'il y a peu de différences entre les coefficients obtenus avec la procédure de Kmenta et ceux obtenus par la méthode 2SLS modifiée. Ceci est normal puisqu'une seule variable est alors instrumentée. Aucune variable n'a d'impact significatif sur le niveau de R-D, exception faite de la variable TAILLE, et ce, seulement lorsqu'aucune action n'est prise pour corriger le problème d'endogénéité possible lié à la variable CONC<sup>21</sup>. Si nous revenons brièvement sur les résultats de Jaffe et Palmer qui ont estimé un modèle semblable<sup>22</sup>, nous remarquons que nous arrivons aux mêmes conclusions en ce qui concerne l'impact significatif et positif de la taille de l'industrie. Toutefois, nous ne pouvons conclure, comme ils l'ont fait de leur côté<sup>23</sup>, à un impact positif et significatif de la sévérité de la réglementation sur le niveau de R-D lorsque nous utilisons les variables retardées et ce, peu importe si nous prenons soin d'isoler l'impact selon divers types d'industries. Les résultats sont similaires lorsque nous utilisons la moyenne des trois années précédentes comme autre forme retardée de la variable ENVIRO. L'annexe 7 présente les résultats obtenus lorsque la moyenne des trois dernières années de la variable ENVIRO est utilisée. Rappelons que Jaffe et Palmer ont aussi conclu à un impact non significatif de la réglementation lorsqu'ils mesuraient l'innovation par les demandes de brevets.

Bref, l'impact contemporain négatif de la sévérité de la réglementation sur la R-D s'estompe après une année puisque cette dernière n'a aucun effet significatif lorsque nous intégrons des variables retardées. Il ne semble pas que l'aspect dynamique du resserrement des normes soit visible au niveau de l'investissement en R-D.

---

<sup>21</sup> Si nous retardons uniquement la variables ENVIRO, le coefficient de TAILLE est significatif au seuil de 1% lorsque la méthode 2SLS modifiée est utilisée et ce, peu importe le modèle estimé.

<sup>22</sup> Rappelons que le modèle de Jaffe et Palmer incluait une mesure des subventions gouvernementales mais ne tenait pas compte, contrairement à nous, de la structure de l'industrie.

<sup>23</sup> Rappelons que Jaffe et Palmer n'ont pas considéré le fait que leur variable reflétant les subventions gouvernementales puisse être endogène. Pourtant, le montant des subventions dépend généralement de l'investissement en R-D des firmes qui les reçoivent.

## **6 Conclusion**

L'objectif de notre travail était d'analyser si l'impact de la sévérité de la réglementation incite les entreprises à innover. En fait, nous désirions vérifier l'hypothèse de Michael Porter qui veut qu'un resserrement des normes environnementales puisse mener à une plus grande compétitivité des entreprises, et ce, parce qu'il les encouragerait à innover. Pour ce faire, nous avons procédé à une étude empirique à l'aide de données portant sur l'industrie manufacturière québécoise. Notre approche économétrique nous a permis d'être très rigoureux. En effet, nous avons pris soin de corriger pour l'autocorrélation des résidus, l'hétérogénéité des variances entre les industries en plus de considérer le caractère endogène de certaines variables explicatives. Ce dernier point constitue un élément important dans notre démarche.

En résumé, nos résultats indiquent qu'une réglementation environnementale plus sévère n'incite pas les entreprises du secteur manufacturier québécois à innover ou du moins à investir davantage en R-D. En fait, ils nous amènent plutôt à conclure l'inverse puisque des normes plus sévères entraîneraient une diminution des dépenses totales intra-muros au titre de la R-D. En effet, lorsque nous prenons la peine de raffiner notre analyse pour différencier l'impact de la réglementation selon divers types d'industries, nos résultats montrent que l'effet est négatif et significatif pour tous les groupes étudiés sauf celui des industries polluantes peu confrontées à la concurrence internationale. La sévérité de la réglementation n'a aucun impact sur l'investissement en R-D de ces dernières. Ainsi, nos résultats nous amènent à rejeter l'hypothèse de Porter voulant qu'un resserrement de la réglementation en matière d'environnement incite les entreprises à innover. Même en considérant l'aspect dynamique des effets de la sévérité de la réglementation, en intégrant des variables retardées, nous ne pouvons souscrire à l'hypothèse portérienne puisque nos résultats sont alors tous non significatifs.

Avant de terminer, il est important de noter que plusieurs autres pistes de recherche doivent être explorées avant de mettre définitivement de côté l'argumentation de Porter. Comme nous l'avons dit précédemment, il serait intéressant de considérer l'apport du secteur de l'environnement dont la croissance est fortement corrélée avec le resserrement des normes environnementales. De plus, une analyse qui ciblerait plus spécifiquement les innovations environnementales serait aussi appropriée. Étudier les impacts selon divers contextes réglementaires afin d'observer si des normes établies selon les suggestions de Porter stimulent plus ou moins les innovations que des cadres plus traditionnels demeure aussi une avenue de

recherche possible. Pour ce faire, il faudrait d'abord trouver un endroit où ce type de réglementation a été instauré.

Bref, bien que notre étude constitue un excellent point de départ pour tester l'hypothèse de Porter voulant qu'une réglementation plus sévère incite les entreprises à innover, il n'en demeure pas moins que beaucoup de travail doit être fait avant de pouvoir se prononcer définitivement sur l'argumentation de Porter. Jusqu'à présent, nous devons cependant conclure qu'un resserrement des normes en matière d'environnement, mesuré par les dépenses environnementales, entraîne une diminution des dépenses en R-D des entreprises étudiées.

**ANNEXE 1**

**Synthèse des études théoriques**

Lien entre la sévérité de la réglementation et l'effort d'innovation

Auteurs	Effet	Nuances/explications
Oates et al. (1993)	↑	Leur modèle prend pour acquis que les firmes innoveront afin de réduire les coûts de se conformer à la réglementation.
Simpson (1996)	↑	Pour certaines formes de fonctions de demande et de coûts, augmenter les frais d'émission de substances toxiques peut accroître l'investissement domestique en R-D (résultats peu robustes).
Biglaiser et al. (1995)	↓	Les firmes peuvent être réticentes à investir en R-D ou en technologies de contrôle de la pollution en raison de l'impact anticipé de leurs investissements sur la rigidité de la réglementation future.
Verbeke et Coak (1997)	↓	Les firmes peuvent être réticentes à investir en R-D ou en technologies de contrôle de la pollution en raison de l'impact anticipé de leurs investissements sur la rigidité de la réglementation future.
Biglaiser et Horowitz (1995)	↓↑	Augmenter les taxes à l'émission de substances dangereuses entraîne une diminution de l'investissement en recherche au niveau agrégé. Toutefois, le législateur peut stimuler la R-D en réduisant la gamme de technologies permises.
Parry (1995)	↑	Son modèle prend pour acquis que les firmes innoveront afin de réduire les coûts de se conformer à la réglementation.
Heyes (1997)	↓	Ajuster les standards environnementaux aux développements des connaissances techniques encouragerait, toute chose étant égale par ailleurs, l'effort d'innovation des tierces parties au détriment de celui des firmes concernées.

**Synthèse des études empiriques**

Lien entre la sévérité de la réglementation et l'effort d'innovation

Auteurs	Mesures de sévérité et d'innovation	Méthode	Résultats
Lanjouw et Mody (1996)	Dépenses pour le contrôle de la pollution  Brevets liés aux technologies environnementales	Analyse de graphiques et de tableaux de corrélation basée sur des données internationales (É-U., Japon, Allemagne et 14 pays à faible et moyen revenu)	Impact positif de la sévérité de la réglementation sur le nombre de brevets émis avec un retard de 2 à 3 ans
Jaffe et Palmer (1997)	Dépenses pour le contrôle de la pollution  R-D et Brevets	Modèle économétrique estimé avec des données de type panel sur l'industrie manufacturière américaine (avec effets fixes)	Impact positif et significatif sur la R-D Impact négatif mais non significatif sur les brevets
Scott (1997)	Nombre moyen de polluants de l'air réglementés au sein d'une industrie  R-D	Modèle économétrique estimé avec des données sur 55 firmes pour une année	Impact positif, mais non significatif, sur la R-D

## ANNEXE 2

**Classement des secteurs industriels selon la quantité de rejets de polluants<sup>24</sup>  
(pour l'année 1994)**

Industries manufacturières et code CTI	Quantité de polluants (en milliers de tonnes)
Aliment et boisson (10 et 11)	51,96
Machinerie (31)	130,801
Textiles de première transformation et produits textiles (18 et 19)	472,709
Produits électriques et électroniques (33)	482,964
Meubles et articles d'ameublement (26)	558,926
Bois (25)	703,419
Imprimerie, éditions et industries connexes (28)	1396,565
Fabrication de produits en métal (30)	1914,685
Produits en matière plastique (16)	4344,179
Matériel de transport (32)	8112,956
Première transformation des métaux (29)	20608,427
Produits minéraux non métalliques (35)	24978,097
Papiers et produits connexes (27)	32321,573
Industrie chimique (37)	57207,901

Source : Environnement Canada, Inventaire national des rejets de polluants, Rapport Sommaire 1994.

<sup>24</sup> La liste des polluants considérés est incluse dans l'*Inventaire national des rejets de polluants*.



## ANNEXE 3

## Classement des indices de compétitivité par secteurs industriels

Industries manufacturières et code CTI	Indice de compétitivité <sup>25</sup>
Imprimerie, édition et industries connexes (28)	139
Aliments et boissons (10 et 11)	195
Meubles et ameublement (26)	306
Fabrication de produits en métal (30)	320
Bois (25)	344
Produits en matière plastique (16)	356
Produits minéraux non métalliques (35)	358
Textile de première transformation et produits textiles (18 et 19)	516
Industrie chimique (37)	519
Première transformation des métaux (29)	632
Papier et produits connexes (27)	641
Matériel de transport (32)	1100
Produits électriques et électroniques (33)	1222
Machinerie (31)	1555

Source : Statistique Canada.

<sup>25</sup> L'indice de compétitivité est calculé de la façon suivante :

$$\text{indice de compétitivité} = \frac{\sum_{t=1}^5 \left[ \frac{(\text{importations}_t + \text{exportations}_t)}{\text{livraisons totales}_t} \right]}{\text{nombre d'années}}$$

Nous possédions des données pour les années suivantes : 1985, 1987, 1989, 1991 et 1993.

## ANNEXE 4

### Industries étudiées

CTI	Industrie manufacturière <sup>26</sup>
10 et 11	Aliments et boissons
15 et 16	Produits en caoutchouc et produits en matière plastique
18 et 19	Textiles de première transformation et produits textiles
25	Bois
26	Meubles et articles d'ameublement
27	Papiers et produits connexes
28	Imprimerie, éditions et industries connexes
29	Première transformation des métaux
30	Fabrication de produits en métal
31	Machinerie
32	Matériel de transport
33	Produits électriques et électroniques
35	Produits minéraux non métalliques
37	Industrie chimique

<sup>26</sup> Les autres industries manufacturières ne sont pas étudiées en raison de la non disponibilité des données soit au niveau de la variable ENVIRO soit au niveau de la variable R-D.

## ANNEXE 5

## Statistiques descriptives des variables utilisées

Variables	Nombre d'observ.	Moyenne (en milliers)	Écart-type	Variance	Minimum	Maximum
INNO	154	66851	$0,107 \cdot 10^6$	$0,115 \cdot 10^{11}$	0	456000
INNO*	154	1	1,6080	2,5857	0	6,8212
VA	154	$0,211 \cdot 10^7$	$0,117 \cdot 10^7$	$0,137 \cdot 10^{13}$	559570	5914900
VA*	154	1	0,55495	0,30797	0,26475	2,7985
LV	154	$0,450 \cdot 10^7$	$0,279 \cdot 10^7$	$0,777 \cdot 10^{13}$	1014000	11710000
LV*	154	1	0,61869	0,38278	0,22509	5,5994
ENVIRO	154	8879,7	29893	$0,893 \cdot 10^9$	0	251380
ENVIRO*	154	1	3,33665	11,333	0	28,309
RC4*	154	0,47004	0,16586	0,02751	0,21876	0,82816
IH*	154	0,10679	0,06161	0,00379	0,02736	0,27035

Va = valeur ajoutée      LV = livraisons totales

Pour faire les estimations, INNO, TAILLE (mesurée par VA ou LV) et ENVIRO ont été divisés par leur moyenne. Les statistiques présentées avec une \* sont celles des variables utilisées dans les estimations.

## Synthèse des variables utilisées dans les estimations

Variable	Description	Mesure	Source
INNO	Dépenses nominales <sup>27</sup> totales intramuros au titre de la R-D	Innovation	Statistique Canada
VA	Valeur ajoutée nominale totale de l'industrie	Taille de l'industrie	Statistique Canada
LV	Livraisons nominales	Taille de l'industrie	Statistique Canada
ENVIRO	Investissement nominal dans la lutte contre la pollution	Sévérité de la réglementation	Statistique Canada
RC4	Pourcentage des parts de marché des quatre plus grandes firmes	Concentration industrielle	Statistique Canada
IH	Somme des carrés des parts de marché du total de l'industrie qui appartiennent à chaque entreprise	Concentration industrielle	Statistique Canada

<sup>27</sup> Nous avons préféré utiliser les valeurs nominales plutôt que réelles car il n'existe pas d'indice de prix spécifique aux dépenses en R-D. En effet, il est difficile de connaître la composition exacte des dépenses en R-D et donc de construire un indice de prix adéquat. Les instances gouvernementales utilisent généralement l'indice des prix du PIB mais des recherches effectuées indiquent que ce déflateur général ne refléterait pas la tendance des prix en matière de dépenses en R-D. Pour assurer la cohérence de nos estimations, nous avons utilisé les valeurs nominales pour toutes les variables. Jaffe et Palmer ont procédé de la même manière.

## ANNEXE 6

## Résultats complets des modèles sans retard

Variables	2SLS modifiée			
VA	0,4313 (2,368)	0,7228 (3,838)	0,6330 (3,213)	0,7294 (3,911)
ENVIRO	-0,0110 (-0,682)	-0,4765 (-2,117)	-0,4557 (-2,309)	-0,4863 (-2,156)
RC4	0,0536 (0,0628)	1,054 (1,180)	0,9079 (0,946)	1,0474 (1,173)
POL		0,4374 (1,946)		0,4322 (1,370)
CI			0,4204 (2,135)	0,0147 (0,068)
Produits en caoutchouc et en matière plastique	0,5341 (1,428)	1,0619 (2,859)	0,9002 (2,241)	1,069 (2,903)
Textiles de première transf. et Prod. textiles	0,5181 (1,759)	0,7921 (2,691)	0,6509 (2,111)	0,7993 (2,753)
Bois	0,3201 (0,857)	0,9259 (2,479)	0,7714 (1,908)	0,9336 (2,519)
Meubles et articles d'ameublement	0,5218 (1,344)	1,0820 (2,801)	0,9037 (2,165)	1,0912 (2,849)
Papier et prod. connexes	0,6713 (1,847)	0,9158 (3,148)	0,8493 (2,914)	0,9193 (3,283)
Imprimerie, éditions et industries connexes	0,2184 (0,813)	0,5146 (1,900)	0,4072 (1,413)	0,5191 (1,944)
Première transformation des métaux	0,9456 (3,227)	0,9209 (2,546)	0,8762 (2,403)	0,9274 (2,625)
Fabrication de produits en métal	0,4627 (1,605)	0,8700 (2,925)	0,7460 (2,345)	0,8761 (2,979)
Machinerie	0,8887 (2,263)	1,4514 (3,711)	1,2786 (3,016)	1,4575 (3,756)
Matériel de transport	5,2204 (10,617)	4,9718 (10,297)	4,9668 (10,107)	4,9787 (10,572)
Produits électriques et électroniques	4,0199 (13,723)	4,0614 (14,392)	3,9652 (13,389)	4,0672 (14,715)
Produits minéraux non métalliques	0,4898 (1,452)	0,7315 (2,134)	0,6673 (1,844)	0,7438 (2,192)
Industrie chimique	2,2986 (8,146)	2,3943 (8,784)	2,3379 (8,446)	2,3946 (8,922)
Année 87	-0,0254 (-0,501)	-0,0488 (-0,096)	-0,0214 (-0,362)	-0,0459 (-0,888)
Année 88	-0,0391 (-0,599)	-0,0784 (-1,226)	-0,4152 (-0,560)	-0,0768 (-1,194)
Année 89	-0,0489 (-0,697)	-0,0681 (-1,006)	-0,0423 (-0,536)	-0,0689 (-1,013)
Année 90	-0,0366 (-0,432)	-0,0399 (-0,588)	-0,0128 (-0,163)	-0,0401 (-0,589)
Année 91	0,0248 (0,366)	0,0079 (0,121)	0,0257 (0,334)	0,0066 (0,100)
Année 92	0,0292 (0,439)	0,0290 (0,456)	0,0449 (0,587)	0,0264 (0,413)
Année 93	0,0368 (0,542)	-0,0232 (-0,359)	0,0075 (0,0941)	-0,0255 (-0,391)
Année 94	0,0452 (0,615)	0,0043 (0,069)	0,0433 (0,501)	0,0018 (0,026)
Année 95	0,0588 (0,665)	-0,0755 (-1,049)	0,0070 (0,078)	-0,0778 (-1,031)
R <sup>2</sup>	0,9179	0,9213	0,9166	0,9255

**ANNEXE 7**  
**Résultats des modèles avec retard**  
**ENVIRO = moyenne des trois années précédentes**

Variables	OLS				KMENTA				2SLS modifiée			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TAILLE1	0,5423 (2,145)	0,6121 (2,278)	0,5968 (2,212)	0,4562 (1,748)	0,1648 (1,488)	0,2008 (1,694)	0,2004 (1,690)	0,1901 (1,454)	0,0807 (0,500)	0,1312 (0,893)	0,1624 (0,847)	0,2007 (1,076)
ENVIRO1	-0,0255 (-0,611)	-0,0189 (-0,689)	-0,0158 (-1,572)	-0,0088 (-0,335)	-0,0094 (-0,851)	-0,0108 (-1,004)	-0,0101 (-0,934)	-0,0091 (-0,758)	-0,0049 (-0,182)	-0,0050 (-0,338)	-0,1594 (-0,579)	-0,0194 (-0,878)
RC4	-3,243 (-1,805)	-2,8586 (-1,535)	-2,9356 (-1,573)	-3,4835 (-1,949)	-0,9098 (-1,443)	-0,7475 (-1,154)	-0,7452 (-1,142)	-1,0575 (-1,497)	-0,3260 (-0,324)	0,4213 (0,402)	0,2171 (0,169)	0,2087 (0,152)
POL1		0,0213 (0,3432)		4,0450 (3,132)		0,0165 (0,623)		1,0268 (1,724)		-0,1986 (-0,849)		0,3099 (0,522)
CI1			0,0129 (0,206)	-4,0536 (-3,119)			0,0144 (0,536)	-1,0165 (-1,691)			0,1522 (0,522)	-0,2764 (-0,468)
R <sup>2</sup>	0,973	0,973	0,973	0,975	0,948	0,949	0,948	0,958	0,912	0,920	0,943	0,951

Note: Les valeurs entre parenthèses représentent les statistiques t de Student

<sup>1</sup> significatif au seuil de 1% (2,326), <sup>2</sup> significatif au seuil de 5% (1,96), <sup>3</sup> significatif au seuil de 10% (1,645)

## Bibliographie

- Acs, J. et Audretsch, D.B., « Innovation in Large and Small firms :an Empirical Analysis », *American Economic Review*, volume 78, septembre 1988, pp.678-690.
- Amesse, F. « Structure et déterminants de l'activité technologique dans le secteur des pâtes et papiers au Canada », Montréal: École des Hautes Études Commerciales, 1982, 203 p.
- Ayres U.R., « On Economic Disequilibrium and Free Lunch », *Environmental and Resource Economics*, volume 4, numéro 5, 1994, pp.435-454.
- Balwin, W.L. et Scott, J.T., *Market Structure and Technological Change*, Londres et New York : Harwood Academic Publishers, 1987.
- Barbera, A.J. et McDonnell, V.D., « The Impact of Environmental Regulation on Industry Productivity : Directs and Indirects Effects », *Journal of Environmental Economics and Management*, volume 18, 1990, pp.50,65.
- Biglaiser,G. et Horowitz, J.K., « Pollution Regulation and Incentives for Pollution-Control Research », *Journal of Economics and Management Strategy*, volume 3, 1995, pp.663-684.
- Biglaiser,G., Horowitz, J.K. et Quiggin,J., « Dynamic Pollution Regulation », *Journal of Regulatory Economics*, volume 8, 1995, pp. 33-44.
- Chistainsen, G.B. et Haveman, R.H., « Public Regulations and the Slowdown in Productivity Growth », *American Economic Review*, volume 71, mai 1981, pp.320-325
- Collins Cobuild : Student's Dictionary*, Londres : Harper Collins Publisher, 1992, 681p.
- Downing, P.B. et White, L.J., « Innovation in Pollution Control », *Journal of Environmental Economics and Management*, volume 13, 1986, pp. 18-29.
- Dufour,C., Lanoie, P. et Patry, M. « Regulation and Productivity », *Journal of Productivity Analysis*, volume 9, numéro 3, mai 1998, pp. 233-247.
- Environnement Canada. *Inventaire national des rejets de polluants. Rapport sommaire*. Ottawa : Ministère des Approvisionnements et Services du Canada. 1994, p.241.
- Gagnon, Pierre, « Investissements du secteur privé dans la lutte contre la pollution », Perspectives sur l'environnement: Études et Statistiques. Statistiques Canada.. No 11-528-XPF, No.3 au catalogue. Ottawa, 1996.
- Gollop, F.M. et Roberts, M.J., « Environmental Regulations and Productivity Growth :The Case of Fossil-Fueled Electric Power Generation », *Journal of Political Economy*, volume 91, août 1983, pp.654-674.
- Gray, W.B., « The Cost of Regulation : OSHA, EPA and the Productivity Slowdown », *American Economic Review*, volume 77, numéro 5, décembre 1987, pp.998-1006.
- Gray, W.B. et R.J. Shadbegian, « Environmental Regulation, Investment Timing and Technology Choice », *The Journal of Industrial Economics*, volume 46, numéro 2, juin 1998, pp.235-256.
- Griliches, Z., « Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey », *Journal of Economic Literature*, volume XXVIII, décembre 1990, pp. 1661-1701.

- Hackett, S.C., « Pollution-Controlling Innovation in Oligopolistic Industries : Some Comparison between Patent Races and Research Joint Ventures », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 29, 1995, pp. 339-356.
- Harrington, W. et Krupnick, A.J., « Stationary Source Policy and Choices for Reform » dans *Environmental Regulation and the U.S. Economy* édité par Peskin, H.M, Portney, P.R. et Knesse, A., Resources for the Future, Washington, 1981.
- Heyes, A., « Regulatory 'Balancing' and the Efficiency of Green R-D », *Environmental and Resource Economics*, volume 9, 1997, pp. 493-507.
- Holemans, B. et L. Sleuwaegen, « Innovation Expenditures and the Role of Government in Belgium », *Research Policy*, volume 17, 1988, pp.375-379.
- Jaffe, A.B., « Technological Opportunity and Spillovers of R&D : Evidence from Firms's Patents, Profits and Market Value », *American Economic Review*, volume 76, 1986, pp.984-1001.
- Jaffe, A.B. et Palmer K., « Environmental Regulation and Innovation : A panel Data Study », *Review of Economics and Statistics*, vol. 79, numéro 4, novembre 1997, pp. 610-619.
- Kamien, M.I., et Schwartz, N.L., « Market Structure and Innovation : A Survey », *The Journal of Economic Literature*, volume 13, mars 1975, pp. 1-37.
- Kmenta, J., *Elements of Econometrics*, New York, Macmillan publishing Company, Deuxième édition, 1986, 786 p.
- Koeller, C.T., « Innovation, Market Structure and Firm Size; A Simultaneous Equations Model », *Managerial and Decision Economics*, volume 16, 1995, pp. 259-269.
- Lajeunesse, R., « L'impact de la réglementation sur la productivité des industries manufacturières québécoises entre 1985 et 1994 », École des Hautes Études Commerciales, Montréal, octobre 1997, 101p.
- Lanjouw, J.O. et Mody, A., « Innovation and the International Diffusion of Environmentally Responsive Technology », *Research Policy*, volume 25, 1996, pp. 549-571.
- Levert, A. « Les déterminants de l'effort de recherche et de développement des industries manufacturières canadiennes », Montréal: École des Hautes Études Commerciales, 1984, 62 p.
- Levert, A. « Une comparaison d'indicateurs de l'innovativité des entreprises canadiennes », Montréal: École des Hautes Études Commerciales, 1984, 62 p.
- Lunn, J., « An Empirical Analysis of Process and Product Patenting : A Simultaneous Equation Framework », *Journal of Industrial Economics*, mars 1986, volume 34, pp.319-330.
- Lunn, J., « R&D, Concentration and Advertising : A Simultaneous Equations Model », *Managerial and Decision Economics*, volume 10, 1989, pp.101-105.
- McCain, R.A., « Endogenous Bias in Technical Progress and Environmental Policy », *The American Economic Review*, volume 68, numéro 4, 1978, pp. 539-546.
- Malueg, D.A., « Emission Credit Trading and the Incentive to Adopt New Pollution Abatement Technology », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 16, 1989, pp. 52-57.

- Milliman, S.R. et Prince, R., « Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control :Reply », *Journal of Environmental Economics and Management*, numéro 17, 1989, pp. 247-265.
- Milliman, S.R. et Prince, R., « Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control :Reply », *Journal of Environmental Economics and Management*, numéro 22, 1992, pp. 292-296.
- Oates, E.E., Palmer, K. et Portney, P.R., « Environmental Regulation and International Competitiveness : Thinking About the Porter Hypothesis », *Resources for the Future*, Washington, discussion paper 94-02, novembre 1993, 26p.
- Oates, E.E., Palmer, K. et Portney, P.R., « Tightening Environmental Standards : The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm ? », *Journal of Economic Perspectives*, volume 9, numéro 4, automne 1995, pp. 119-112.
- OCDE, *Éco-efficience*, OCDE, Paris, 1998, 99p.
- Palmer, K. et Simpson, R.D., « Environmental Policy as Industrial Policy », *Resources*, été 1993, pp.17-21.
- Parry, I., « Optimal Pollution Taxes Under Endogenous Technological Progress », *Resource and Energy Economics*, volume 17, 1995, pp. 69-85.
- Parry, I.W.H., « The Choice Between Emissions Taxes and Tradeable Permits when Technological Innovation is Endogenous », *Resources for the Future*, Washington, discussion paper 96-31, août 1996, 31p.
- Parry, I.W.H., Fisher, C. et Pizer, W.A., « Instrument Choice for Environmental Protection When Technological Innovation is Endogenous », *Resources for the Future*, Washington, discussion paper 99-04, octobre 1998, 32p.
- Popp, D., « Induced Innovation and Energy Prices », University of Kansas, Kansas, octobre 1998, 41p.
- Porter, M., « America's Green Strategy », *Scientific American*, avril 1991, p.168.
- Porter, M.E. et van der Linde, C. « Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, no. 4, automne 1995, pp. 97-118.
- Porter, M.E. et van der Linde, C., « Green and Competitive, Ending the Stalemate », *Harvard Business Review*, septembre-octobre 1995, pp. 120-134.
- Scott, J.T., « Schumpeterian Competition and Environmental R-D », *Managerial and Decision Economics*, volume 18, 1997, pp.455-469.
- Schmalensee, R., « The Cost of Environmental Protection », dans *Balancing Economic Growth and Environmental Goals*, Mary Beth Kotoski (edit.), Washington D.C., American Council for Capital Formation, Center for Policy Research, 1994, pp. 55-75.
- Simpson, R.D. et Bradford, R.L., « Taxing Variable Cost : Environmental Regulation as Industrial Policy », Washington DC : World Bank, Environmentally Sustainable Development Proceeding Series, numéro 10, 1996, pp. 155-157.
- Souder, W.E., *Managing New Product Innovations*, Massachusetts; D.C. Heath and Company, 1987, 244 p.



- Statistique Canada. *Dépenses de protection de l'environnement du secteur des entreprises 1995*, Ottawa : Statistique Canada, Programme de la statistique de l'environnement, juillet 1998, 37p. (Item 16F0006XIF)
- Van Beers, C. et van den Bergh, J., «An Empirical Multi-Country Analysis of the Impact of Environmental Regulations on Foreign Trade Flows », *Kyklos*, volume 50, numéro 1, 1997, pp.29-46
- Verbeke, A. et Coeck, C., « Environmental Taxation : A Green Stick or a Green Carrot for Corporate Social Performance? », *Managerial and Decision Economics*, vol. 18, 1997, pp. 507-516.
- Zerbe, R.O. « Theoretical Efficiency in Pollution Control », *Western Economic Journal*, vol. 8, 1970, pp. 364-376.