



N° 11F0027MIF au catalogue — N° 026

ISSN: 1703-0412

ISBN: 0-662-78440-5

Document de recherche

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

Utilisation de l'eau, prix fictifs et productivité du secteur canadien des entreprises

par Kais Dachraoui et Tarek M. Harchaoui

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

Téléphone: 1 800 263-1136



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



Statistique
Canada

Statistics
Canada

Canada

*« Sous ces chiffres et groupements assez arides se cachent de grandes tragédies dues à la pénurie d'eau allant de la nécessité de porter de lourdes jarres remplies d'eau pendant plusieurs kilomètres chaque jour pour les besoins du ménage à la perte des terrains marécageux et des estuaires à cause de l'épuisement de l'eau en amont, en passant par la misère des agriculteurs qui perdent leurs terres parce qu'ils manquent d'eau pour éliminer les sels du sol. » [Traduction]
Seckler et coll. (1999)*

Utilisation de l'eau, prix fictifs et productivité du secteur canadien des entreprises*

par

Kaïs Dachraoui et Tarek M. Harchaoui

11F0027MIF N° 026

ISSN : 1703-0412

ISBN : 0-662-78440-5

Division de l'analyse micro-économique

18-F, Immeuble R.H. Coats

Ottawa, K1A 0T6

Statistique Canada

Comment obtenir d'autres renseignements :

Service national de renseignements : 1 800 263-1136

Renseignements par courriel : infostats@statcan.ca

Décembre 2004

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

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2004

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

Also available in English

* Une version antérieure du présent document a été présentée à l'assemblée de 2002 de *La société canadienne de science économique*, à Aylmer et à l'atelier sur la productivité tenu à Ottawa en novembre 2002. Nous remercions John Baldwin, Mel Fuss, Erwin Diewert, et deux examinateurs anonymes et les membres du Comité consultatif des comptes nationaux de leurs commentaires. Nous remercions aussi Tom Blais et Dave Leblanc de leurs éclaircissements utiles sur le traitement de l'eau dans les tableaux d'entrées-sorties du Canada. Les avis de non-responsabilité habituels s'appliquent.

Table des matières

Résumé	4
Sommaire	5
I. Introduction.....	8
II. Cadre analytique	10
III. Application économétrique	12
1. Spécifications.....	12
2. Description des données	13
2.1. Sources des données	13
2.2. Analyse des données	15
IV. Résultats et conséquences.....	19
1. Estimation.....	19
2. Conséquences du prélèvement d'eau pour les structures de production.....	19
3. Effet de la recirculation de l'eau sur les résultats	24
V. Conclusion.....	28
Bibliographie.....	30

Résumé

Ce document développe un cadre de la mesure de la production qui tient compte de l'autoapprovisionnement en eau, un facteur « naturel » dont le prix n'est pas établi. On utilise par la suite ce cadre pour estimer les prix fictifs correspondants de l'eau et pour déterminer dans quelle mesure cette ressource a des répercussions sur la productivité multifactorielle du secteur des entreprises au Canada. Même en tenant compte de l'approvisionnement en eau, la croissance agrégée de la productivité multifactorielle du secteur des entreprises demeure à peu près inchangée au cours de la période de 1981 à 1996, mais la performance en matière de productivité des branches qui sont les plus grandes utilisatrices de cette ressource a augmenté de 0,7 point de pourcentage en moyenne. Le prix fictif de l'approvisionnement en eau s'est chiffré à 0,73 \$ le mètre cube et a varié de façon significative selon la branche d'activité. Même si la recirculation de l'eau, une forme de recyclage, ne semble pas modifier de façon significative la plupart de ces résultats, elle entraîne une réduction du prix fictif à 0,55 \$ le mètre cube et en améliore la fiabilité, particulièrement dans le cas des branches d'activité qui sont les plus grandes consommatrices d'eau. On a déterminé que l'eau constitue un substitut des intrants capital et travail, ce qui laisse supposer qu'un nombre plus important de ces intrants sont nécessaires pour réaliser des économies du point de vue de la consommation d'eau.

Mots clés : productivité, éco-efficacité, utilisation de l'eau

Sommaire

Les sociétés humaines dépendent de l'eau à de nombreux égards. Naturellement, l'accès à de l'eau potable est essentiel à la survie. En outre, l'eau est utilisée pour la production de biens et de services, les cultures, la production d'électricité, l'établissement d'un habitat pour la faune et la flore, la création d'activités de loisir, etc.

Le Canada a la chance de posséder des réserves d'eau qui paraissent abondantes. Cette perception a eu une incidence sur le genre de technologies qui sont adoptées par les établissements industriels et les moyens qu'ils utilisent pour éliminer les sous-produits industriels et d'autres résidus. Cependant, les effets conjugués du développement industriel, de la croissance de la population, du réchauffement planétaire et de la pollution de l'environnement rendent presque obsolète la thèse des réserves d'eau inépuisables.

Le présent article porte sur la consommation d'eau par les entreprises canadiennes durant la période allant de 1981 à 1996. Il vise à répondre aux trois questions suivantes :

1. Quelle est la structure industrielle de la consommation d'eau au Canada?

Les entreprises canadiennes utilisent chaque année une quantité énorme d'eau à diverses fins. Le secteur canadien des entreprises a prélevé 40,9 milliards de mètres cubes d'eau en 1996, l'année la plus récente pour laquelle les données sur l'utilisation de l'eau cohérentes avec celles sur la productivité des industries sont disponibles. Le gros du prélèvement de l'eau est destiné non seulement à la production de biens commercialisables (p. ex. l'eau est une composante indispensable de la production d'énergie hydroélectrique, de produits agricoles, de bière ou d'aliments en conserve), mais aussi à recevoir les décharges de résidus provenant du processus de production (p. ex., les usines de produits chimiques utilisent principalement l'eau pour éliminer les produits chimiques indésirables que sont les sous-produits de la production principale), la production de vapeur sous haute pression et la récupération assistée du pétrole brut. Des quantités d'eau assez faibles sont utilisées pour la désinfection des usines.

La répartition de la consommation d'eau par le secteur canadien des entreprises n'est pas uniforme. Le prélèvement d'eau par autoapprovisionnement représente environ 95 % du prélèvement total d'eau par le secteur des entreprises, le reste étant fourni par les entreprises de services publics. Les grandes branches d'activité autoapprovisionnées, qui procèdent à la plus grande partie du prélèvement d'eau, virtuellement sans frais, sont le centre d'intérêt de la présente étude. Ces branches d'activité captent directement l'eau dans les rivières, les lacs et les nappes souterraines, au lieu de s'approvisionner auprès des services municipaux de distribution d'eau. L'autoprélèvement d'eau nécessite un permis délivré par une administration provinciale qui, une fois émis, ne peut être transféré à d'autres utilisateurs et ne peut être modifié facilement. Sept branches d'activité, à savoir celles des services publics, de l'agriculture, du papier, des métaux de première transformation, des produits chimiques, des mines et des produits raffinés de pétrole, représentent 96 % du prélèvement global d'eau enregistré en 1996, mais seulement le quart environ de la production brute nominale.

La recirculation de l'eau, une forme de recyclage, est un aspect important de l'utilisation de l'eau du secteur canadien des entreprises. Durant la période 1981-1996, la recirculation a représenté en moyenne 40,2 % du prélèvement de l'eau de l'ensemble du secteur canadien des entreprises, comparativement à 37,4 % pour les sept industries les plus grosses consommatrices de l'eau.

2. Quelle est la valeur de l'eau?

Bien que l'eau soit utilisée à diverses fins par le secteur des entreprises, les caractéristiques économiques de la consommation industrielle d'eau n'ont pas été étudiées aussi minutieusement que celles de la consommation résidentielle, par exemple. Certains travaux ont été réalisés en vue de modéliser la demande d'eau des entreprises, mais on s'est fort peu préoccupé de la question de la valeur de la consommation industrielle d'eau et des facteurs qui influent sur cette valeur. Par conséquent, s'il est généralement considéré que la consommation industrielle d'eau est une application à valeur relativement élevée de l'eau, les données empiriques permettant d'appuyer cette thèse sont en fait assez rares.

Tout effort en vue d'estimer la valeur de la consommation industrielle d'eau pose plusieurs défis. Bien que le nombre de sphères de compétence où les transactions marchandes peuvent fournir des renseignements sur le prix des ventes ou de la location à bail d'eau en gros soit limité, dans la plupart des cas, les entreprises qui s'autoapprovisionnent ne paient presque rien pour l'eau brute qu'elles consomment. De surcroît, la plupart des dépenses qu'occasionne la consommation d'eau (filtrage, pompage, stockage sur place, etc.) sont rarement déclarées par les entreprises lors des enquêtes sur la consommation d'eau.

Une des contributions du présent article est l'estimation du prix fictif du prélèvement d'eau dans une structure de coût industriel. Nous combinons l'information sur l'approvisionnement en eau, les intrants autres que l'eau ainsi que la production réelle afin d'estimer la fonction de coût restreinte dans laquelle les intrants autres que l'eau sont des intrants variables, tandis que le prélèvement d'eau est traité comme un facteur quasi fixe. L'eau prélevée est traitée de la sorte afin de refléter les contraintes réglementaires qui limitent la consommation d'eau des entreprises canadiennes qui s'autoapprovisionnent. La valeur fictive de la quantité d'eau prélevée est calculée d'après la fonction de coût estimée et fournit une estimation de la valeur marginale de l'eau prélevée par chaque branche d'activité du secteur des entreprises.

Nous nous limitons, dans le présent article, à estimer l'évaluation (privée) de la consommation d'eau par les entreprises. Cette valeur constitue une approximation de ce que l'entreprise est marginalement disposée à payer pour le prélèvement d'eau et, en tant que telle, fournit une borne inférieure de la valeur accordée par l'entreprise aux quantités marginales d'eau prélevée. Le prix fictif du prélèvement de l'eau est statistiquement significatif et s'élève à 0,73 le mètre cube pour toutes les industries retenues dans cette étude. Il existe une grande variation dans le prix fictif entre les différentes industries, suggérant des différences dans les bénéfices marginaux issus de l'usage de l'eau comme intrant gratuit, ou peu coûteux. Bien que les prix fictifs sont positifs pour les sept industries les intensives en terme d'utilisation de l'eau, ils sont statistiquement significatifs seulement pour les services publics, l'agriculture, les industries chimiques et des produits raffinés du pétrole. Parmi ces quatre industries, celle des services publics, la plus grosse utilisatrice de l'eau, a affiché le

prix fictif le plus élevé à 0,95 \$ le mètre cube. Ce prix est environ le double de celui de l'agriculture, la seconde plus importante industrie utilisatrice de l'eau.

En plus de contribuer à la littérature traitant de la valeur de l'eau dans une gamme de branches d'activité dont les besoins en eau diffèrent, le présent article vise à étudier les facteurs qui influent sur l'ordre de grandeur du prix fictif de l'eau prélevée par le secteur des entreprises. L'un des facteurs particulièrement important est la recirculation. La prise en compte de la recirculation a pour effet de réduire significativement le prix fictif de 0,73 \$ le mètre cube à 0,55 le mètre cube. En outre, les estimations du prix fictif des sept industries les plus grosses utilisatrices de l'eau deviennent statistiquement plus significatifs, reflétant ainsi l'importance de la recirculation de l'eau dans la mesure des prix fictifs de l'utilisation de l'eau.

3. Éco-efficacité

L'éco-efficacité indique dans quelle mesure l'activité économique utilise efficacement l'environnement en tant qu'intrant gratuit ou peu coûteux. Dans le contexte de la consommation d'eau, on peut mesurer l'éco-efficacité de deux façons distinctes, quoique complémentaires : a) un indicateur partiel, tel que la production réelle par unité d'eau consommée et b) un indicateur plus général, appelé productivité multifactorielle, qui tient compte non seulement de l'eau mais aussi des autres ressources employées dans le procédé de production. Dans ce contexte, la productivité multifactorielle représente la croissance de la production qui n'est pas attribuable à la croissance combinée des intrants commercialisés (capital, main-d'œuvre et intrants intermédiaires) et le prélèvement d'eau, qui est un intrant naturel pour lequel il n'existe aucun prix du marché.

De 1981 à 1996, le taux annuel moyen de croissance de l'éco-efficacité a varié dans les sept plus grandes branches d'activité consommant de l'eau. Les industries des produits chimiques, de la première transformation des métaux et du papier et des produits connexes ont affiché d'importants gains d'éco-efficacité (8,6 %, 4,5 % et 3,4 %, respectivement) qui reflètent l'adoption de technologies destinées à économiser l'eau. Par contre, les industries des autres services d'utilité publique et de l'agriculture, qui sont les plus grosses consommatrices d'eau, ont déclaré une baisse d'éco-efficacité (-0,4 % et -0,34 %, respectivement).

En faisant à ce cadre de travail plus général, la croissance de la productivité multifactorielle pour l'ensemble du secteur des entreprises demeure inchangée suite à l'introduction de la consommation d'eau. Par contre, pour les branches d'activité qui sont les plus grosses consommatrices d'eau, tenir compte de l'eau améliore la croissance de la productivité multifactorielle de cinq points. Ce résultat reflète l'augmentation de l'efficacité de la consommation d'eau déclarée par certaines branches d'activité importantes.

Ce message demeure valable même en prenant en considération la recirculation. Dans un certain sens, ceci suggère que le cadre de la mesure employé dans la présente étude demeure robuste à des spécifications alternative.

I. Introduction

La croissance économique, le réchauffement planétaire et la compression des budgets de réglementation sont des facteurs qui suscitent tous une inquiétude croissante en ce qui concerne la consommation d'eau au Canada. L'eau joue un rôle important dans les procédés de production des entreprises canadiennes (refroidissement, production de vapeur sous haute pression, désinfection, intrant direct dans la fabrication de la bière et évacuation des déchets), mais les auteurs de nombreux articles économiques soutiennent qu'elle est utilisée inefficacement (voir Renzetti et Dupont, 1995). Les causes de l'utilisation inefficace de l'eau sont multiples, mais liées en grande partie à l'établissement incorrect du prix de l'eau en tant que ressource. La plupart des entreprises payent un prix quasi nul (ou un prix minimal très faible) pour l'eau qu'elles consomment à titre d'intrant. Il en est ainsi des entreprises qui achètent leur eau aux services municipaux de distribution d'eau et, particulièrement, de celles qui s'autoapprovisionnent en eau (c-à-d. celles qui puisent directement l'eau d'une source superficielle ou souterraine), l'autoapprovisionnement étant la source principale de prélèvement d'eau au Canada.

L'effet du prélèvement d'eau sur la productivité des entreprises est une question importante pour les décideurs et les analystes de la productivité qui s'intéressent au développement durable. Cependant, il est difficile de procéder à une évaluation détaillée, car le prix payé pour l'eau est soit nul, soit nettement inférieur au coût de renonciation. Comme la consommation d'eau ne fait pas moins jouer des coûts de renonciation réels que la consommation de travail, de capital ou de matières premières, la mesure type de la croissance de la productivité multifactorielle peut être considérée comme un baromètre incomplet du succès avec lequel la société répartit ses ressources rares. L'argument en faveur de l'élargissement du concept de productivité multifactorielle pour passer à la productivité multiressources est évident. En fin de compte, l'évaluation du développement durable l'exige¹.

Dans le présent article, nous élaborons une approche en vue de calculer le prix fictif de l'eau en tant qu'intrant dans un procédé de fabrication qui aboutit à un produit de valeur pour la société (qui est vendu sur le marché). La contribution de l'étude relève de l'école de Solow, en ce sens qu'elle s'appuie sur la théorie économique pour inférer, d'après des données statistiques, l'information qui, autrement, ferait défaut. Le prix fictif est défini comme étant le montant marginal que les producteurs seraient prêts à payer pour avoir la capacité d'utiliser l'eau comme intrant gratuit. Par conséquent, on peut évaluer la grandeur de ces avantages économiques en estimant les coûts privés qui seraient subis si on réduisait le prélèvement d'eau en tant qu'intrant gratuit pour un niveau donné de production.

Bien que le prélèvement d'eau soit répandu dans toutes les branches d'activité du secteur canadien des entreprises, les études visant à estimer son prix fictif sont étonnamment rares. Par contre, on a analysé de façon exhaustive le rôle d'autres intrants naturels, comme les réserves minérales, dans la productivité des entreprises minières (voir Diaz et Harchaoui 1997 ainsi que les références mentionnées dans ce document). Jusqu'à présent, les travaux limités portant sur la

1. Voir par exemple Gollop et Swinand (2001) dans le cas de la production « indésirable », Lasserre et Ouellette (1991) pour les réserves minières.

demande industrielle d'eau ont visé à estimer l'élasticité-prix de la demande d'eau et d'établir la relation entre l'eau et les autres intrants (voir Renzetti et Dupont 1995 pour une revue de la littérature sur l'eau).

Malheureusement, les auteurs de ces travaux n'ont pas accordé suffisamment d'attention aux problèmes que peut poser l'utilisation des prix existants de l'eau. Les prix de l'eau facturés aux entreprises sont inférieurs au coût de renonciation des ressources requises pour fournir les ressources hydriques. Par conséquent, la demande de sources d'eau est plus élevée qu'il n'est socialement nécessaire. D'autres articles publiés, représentés le mieux par Renzetti (1992) et par Dupont et Renzetti (1999), décrivent l'établissement du prix fictif de l'eau consommée par le secteur canadien de la fabrication de 1981 à 1991. Bien que ces travaux représentent l'une des rares tentatives en vue d'établir la valeur privée du prélèvement d'eau comme intrant « gratuit », la méthodologie appliquée impose des hypothèses restrictives concernant la technologie utilisée par les entreprises². Récemment, Renzetti et Dupont (2002) ont utilisé des données provinciales sur le secteur de la fabrication pour l'estimation des prix fictifs du prélèvement d'eau et les facteurs qui les influencent, comme le traitement de l'eau. La valeur de ces prix est assez faible, quoique statistiquement significative.

Le présent article étoffe de plusieurs façons la littérature existante sur la consommation industrielle d'eau au Canada.

Premièrement, nous couvrons la plupart des branches d'activité du secteur canadien des entreprises durant la période allant de 1981 à 1996, y compris certaines branches de la fabrication qui sont de grandes consommatrices d'eau, comme celles du papier, de la première transformation des métaux, des produits raffinés du pétrole et du charbon et des produits chimiques. D'autres branches d'activité n'appartenant pas au secteur de la fabrication, comme celles des services publics et de l'agriculture, qui représentent le gros du prélèvement d'eau au Canada, sont également visées par l'étude.

Deuxièmement, nous nous concentrons sur le prélèvement d'eau par autoapprovisionnement, qui représente 96 % du prélèvement d'eau au Canada, le reste étant fourni par les services publics. Les branches d'activité autoapprovisionnées captent directement l'eau dans les rivières, les lacs et les nappes souterraines, au lieu de dépendre des services municipaux de distribution d'eau. Du point de vue des politiques publiques, cette source d'eau est plus intéressante, car aucun montant n'est facturé pour le service rendu. Par contre, l'eau fournie par les municipalités est vendue à un prix donné par mètre cube dont il est déjà tenu compte dans les dépenses intermédiaires de notre base de données.

2. Pour calculer le prix fictif de l'eau, Renzetti (1992) et Renzetti et Dupont (1995) considèrent uniquement les dépenses occasionnées par les activités liées au prélèvement, comme le dégrillage et le traitement, qui sont des dépenses opérationnelles et de maintenance à l'usine. Par conséquent, ils supposent que la technologie sous-jacente à la consommation d'eau est indépendante de celle qui sous-tend la production. Comme cela deviendra évident plus loin, notre cadre de travail empirique n'impose pas cette hypothèse. Un traitement plus adéquat est fourni dans Renzetti et Dupont (2002).

Troisièmement, nous utilisons un cadre de travail unifié pour estimer le prix fictif privé du prélèvement d'eau et ses liens à la demande d'intrants fabriqués et aux produits. L'estimation du prix fictif dépend à la fois des possibilités de substitution des technologies et du comportement de la demande d'intrants et de l'offre de produits qui sous-tendent les procédés de production de la branche d'activité. Nous examinons aussi comment l'introduction de la recirculation de l'eau, c'est-à-dire une forme de recyclage, dans ce cadre d'analyse influence le prix fictif de l'eau.

Quatrièmement, en plus d'estimer les élasticités de substitution entre l'eau et les intrants fabriqués, ainsi que les économies d'échelle, nous calculons une mesure de la croissance de la productivité multifactorielle qui tient compte du prélèvement d'eau. La mesure du prix fictif de l'eau et de son effet sur la performance économique des entreprises laisse entendre qu'il est grand temps d'examiner ces liens éventuels.

La présentation de l'article est la suivante. À la section II, nous donnons les spécifications et l'estimation de notre modèle économétrique, tandis qu'à la section III, nous discutons des données et fournissons des renseignements contextuels sur le prélèvement d'eau par les entreprises canadiennes. À la section IV, nous présentons les résultats empiriques et évaluons leur robustesse à l'introduction de la recirculation de l'eau, une sorte de recyclage, dans le cadre d'analyse. Enfin, à la section V nous présentons nos conclusions.

II. Cadre analytique

Les branches d'activité autoapprovisionnées utilisent l'eau comme un intrant naturel gratuit dans leur procédé de production (voir Pearse et coll., 1985). Pour refléter la disposition des branches d'activité à payer pour l'eau qu'elles consomment, il est intéressant de commencer par caractériser la structure de coût des diverses branches d'activité, c'est-à-dire une représentation de la façon dont les intrants fabriqués et le prélèvement d'eau sans prix établi sont utilisés dans le procédé de production.

Nous considérons une fonction de coût restreinte (ou de court terme) dans laquelle nous traitons l'autoapprovisionnement en eau comme un intrant quasi fixe. La motivation de cette caractérisation de la technologie est l'existence de contraintes réglementaires qui limitent la capacité qu'ont les entreprises de modifier les quantités d'eau qu'elles prélèvent. La fonction de coût de court terme prend la forme générale $G(Y, w, W, D, t)$, où Y est le bien produit³, w est le vecteur des prix nominaux des intrants conventionnels (travail, L ; capital, K ; intrants intermédiaires, U), W est la quantité d'eau prélevée, D est un vecteur de variables binaires correspondant aux effets fixes pour chaque branche d'activité et t est une tendance temporelle. La fonction de coût total mesure les dépenses engagées par une branche d'activité au titre de tous les intrants coûteux, c'est-à-dire le travail, le capital et les intrants intermédiaires. Elle n'inclut pas le coût de la pollution de l'eau associé avec le déversement de déchets car cette information n'est pas disponible. Dans ce cadre de travail, nous supposons que les entreprises choisissent leurs intrants de façon à minimiser la fonction de coût de court terme. Ce choix est conditionné

3. L'étude n'a pas considéré l'émission de pollution associées avec l'usage de l'eau en raison de l'absence de données appropriées.

par le niveau de production et le volume d'eau utilisé qui ne peuvent être modifiés dans le court terme⁴. Une autre motivation de ce genre de spécification de la technologie est la suivante : la variable W est incluse dans la fonction de coût pour refléter le fait que les intrants conventionnels et un intrant naturel sont utilisés pour produire le bien Y , ou, inversement, que les producteurs utilisent l'« environnement » comme un intrant gratuit lorsqu'ils prélèvent de l'eau. Cependant, si les producteurs privés devaient payer un prix comme ils le font pour les intrants commercialisés, ils utiliseraient probablement plus parcimonieusement l'eau, en la remplaçant par des intrants achetés.

Notre approche est axée sur les coûts privés de production. La valeur fictive privée associée z du prélèvement d'eau, c'est-à-dire l'économie réalisée grâce à l'utilisation de l'eau comme un intrant gratuit, pourrait être mesurée en tant qu'effet sur les coûts $-\frac{\partial G}{\partial W} = z$. Cette valeur fictive reflète le montant marginal que le producteur serait prêt à payer pour avoir le droit d'augmenter W . Inversement, z représente l'augmentation marginale du coût des intrants qui aurait lieu si l'on imposait une réduction de W . Donc, nous anticipons que $z > 0$.

L'application du lemme de Shepard à $G(Y, v, W, D, t)$ génère les équations de demande d'intrant connexes et les parts du coût attribuables aux intrants s_j ($j = \text{capital } (K), \text{ travail } (L) \text{ et intrants intermédiaires } (U)$). Le cadre analytique nous permet d'obtenir des éclaircissements sur diverses élasticités de coût qui reflètent l'existence d'économies d'échelle dans le secteur canadien des entreprises et la mesure dans laquelle la consommation d'eau influe sur les intrants conventionnels.

Nous définissons les économies d'échelle SE , c'est-à-dire une mesure de l'élasticité du coût des biens produits comme étant

$$SE = \left(\frac{\partial \ln G}{\partial \ln Y} \right)^{-1} \equiv \varepsilon_{G,Y}^{-1}. \quad (1)$$

Si SE est égal à (plus grand que) (plus petit que) 1, la technologie utilisée est caractérisée par un rendement d'échelle constant (croissant) (décroissant).

L'élasticité estimée de substitution entre le prélèvement d'eau W et l'intrant fabriqué $j = K, L, U$ est donnée par

$$\varepsilon_{W,j} = \frac{\partial \ln G}{\partial \ln W} + \frac{\left(\frac{\partial^2 \ln G}{\partial \ln W \partial \ln w_j} \right)}{\left(\frac{\partial \ln G}{\partial \ln w_j} \right)}. \quad (2)$$

4. L'autoapprovisionnement en eau nécessite un permis délivré par une administration provinciale qui, une fois émis, ne peut être transféré à d'autres utilisateurs. En outre, ce permis précise la quantité maximale annuelle d'eau qui peut être prélevée, ce qui établit une borne supérieure du prélèvement d'eau par l'entreprise.

L'élasticité croisée de la demande susmentionnée, fondée sur l'élasticité partielle de substitution d'Allen, est calculée en supposant que la production est fixe, mais que tous les autres intrants peuvent varier. Si $\varepsilon_{w,j}$ est positive (négative), l'eau est un substitut (complément) de l'intrant j .

Penchons-nous maintenant sur le cadre de productivité. Habituellement, l'approche paramétrique de la mesure de productivité consiste à faire la distinction entre tout mouvement le long de la fonction de coût dû aux économies d'échelle globales et le déplacement de la fonction de coût dû au progrès technique. En plus de ces composantes, notre cadre analytique permet de tenir compte du prélèvement d'eau qui reflète le déplacement de la fonction de coût résultant d'une utilisation efficace (inefficace) de l'eau par les entreprises. Formellement, nous définissons la variation de la productivité multifactorielle comme étant

$$\dot{PMF} = \dot{Q} - \sum_j s_j \dot{x}_j, \quad (3)$$

où Q et x_j sont, respectivement, le bien produit et l'intrant j en prix constants.

La dérivation totale de $G = \sum_j w_j x_j$ par rapport au temps et la substitution de l'expression

$\sum_j s_j \dot{x}_j$ dans (3) nous donne :

$$\dot{PMF} = (1 - \varepsilon_{G,Y}) \dot{Y} - \dot{G} - \varepsilon_{G,W} \dot{W}, \quad (4)$$

où $\varepsilon_{G,W}$ et $\varepsilon_{G,Y}$ sont, respectivement, les élasticités de G par rapport au bien produit et au prélèvement d'eau.

L'équation (4) ventile la croissance de la productivité multifactorielle en deux composantes élémentaires, à savoir, d'une part, la croissance paramétrique conventionnelle de la productivité $(1 - \varepsilon_{G,Y}) \dot{Y} - \dot{G}$, c'est-à-dire un déplacement de la fonction de coût dû au progrès technique $(-\dot{G})$ et un mouvement le long de la fonction de coût dû aux économies d'échelle $(1 - \varepsilon_{G,Y}) \dot{Y}$ et, d'autre part, l'effet du prélèvement d'eau \dot{W} et de son prix fictif reflété par $-\varepsilon_{G,W}$.

III. Application économétrique

1. Spécifications

L'élément de base de notre modèle est une fonction de coût translogarithmique à rendement d'échelle non constant normalisée en fonction du prix des intrants intermédiaires. Nous supposons que la technologie de la branche d'activité est représentée par une fonction de coût translogarithmique de la forme suivante :

$$\begin{aligned}
\ln G_{it} = & \alpha_i + \alpha_Y \ln Y_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{YY} (\ln Y_{it})^2 + \alpha_W \ln W_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{WW} (\ln W_{it})^2 \\
& + \sum_{s=K,L,U} \alpha_{Ys} \ln Y_{it} \ln(w_{ist}) + \sum_{s=K,L,U} \alpha_{Ws} \ln W_{it} \ln(w_{ist}) + \alpha_{YW} \ln Y_{it} \ln W_{it} \\
& + \sum_{s=K,L,U} \alpha_j \ln(w_{ist}) + \frac{1}{2} \sum_{s=K,L,U} \sum_{s'=K,L,U} \alpha_{ss'} \ln(w_{ist}) \ln(w_{is't}) \\
& + \alpha_t t + \alpha_{tt} t^2 + \sum_{s=K,L,U} \alpha_{is} \ln(w_{ist}) t,
\end{aligned} \tag{5}$$

et les équations des parts du coût qui en découlent sont de la forme

$$s_{ist} = \alpha_i + \alpha_{Ys} \ln Y_{it} + \alpha_{Ws} \ln W_{it} + \sum_{s=K,L,U} \alpha_{ss'} \ln(w_{ist}) + \alpha_{st} t, \quad s = K, L, U. \tag{6}$$

L'indice s dénote les variables d'intrant K, L, U — capital, travail et intrant intermédiaire — tandis que l'indice i dénote la branche d'activité et α_i est un effet fixe de branche d'activité. Dans ce cadre analytique, nous supposons que l'utilisation du travail, exprimée en nombre d'heures travaillées, est corrigée de façon optimale dans l'espace d'un an. Nous faisons une hypothèse comparable pour les intrants intermédiaires et les services de capital.

En partant des équations (2) et (5), nous obtenons, pour les élasticités de substitution entre l'eau et d'autres types d'intrant, les spécifications suivantes

$$\varepsilon_{W,s} = \alpha_W + \alpha_{WW} \ln W_{st} + \alpha_K \ln w_K + \alpha_L \ln w_L + \alpha_U \ln w_U, \quad \text{pour } s = K, L, U.$$

Le modèle d'estimation correspond à l'équation (5), à partir de laquelle nous construisons les prix fictifs des prélèvements d'eau et une gamme de mesures de la structure de la technologie, ainsi que les équations des parts du coût pour les utilisations normalisées du capital, du travail et des intrants intermédiaires. Nous obtenons l'équation de la part des intrants intermédiaires par différence, étant donné que la somme des parts variables du coût doit être égale à l'unité.

Nous avons regroupé des données chronologiques et des données transversales pour 36 branches d'activité canadiennes à deux chiffres pour les années de référence 1981, 1986, 1991 et 1996 en vue d'estimer le modèle. L'estimation de ce dernier sous forme de système regroupé lui donne non seulement plus de structure (degrés de liberté supplémentaires), mais impose aussi des contraintes entre équations afin d'obtenir un modèle de structure de coût et de demande d'intrants entièrement intégré, ce qui produit des estimations plus efficaces. Nous avons utilisé les techniques de régressions apparemment non liées pour l'estimation, puisque les équations ont des paramètres en commun. Ces techniques assurent aussi que les estimations ne soient pas sensibles au choix du numéraire (ici un indice des prix des intrants intermédiaires de Fisher) puisqu'elles produisent des estimations du maximum de vraisemblance.

2. Description des données

2.1. Sources des données

L'ensemble de données est fondé sur une version étendue de la base de données KLEMS consultable par le public et créée par Statistique Canada à titre expérimental pour appuyer les

projets de recherche sur la productivité et les questions environnementales⁵. La base de données environnementales KLEMS (E-KLEMS) repose sur deux sources distinctes, sous-tendues par les tableaux d'entrées-sorties, ce qui facilite leur intégration.

Premièrement, les données sur la valeur de la production brute, les coûts du travail, des services du capital et des intrants intermédiaires, ainsi que les indices des prix en chaîne de Fisher proviennent des comptes de la productivité du Canada. Ces comptes contiennent un ensemble de données cohérentes sur les coûts des intrants, les indices de volume en chaîne de Fisher des produits et des intrants (données KLEMS) et les mesures de productivité pour un certain nombre de branches d'activité du secteur canadien des entreprises pour la période allant de 1981 à 1997.

Les données des enquêtes auprès des ménages sont utilisées pour désagréger le nombre total d'heures en nombre d'heures travaillées par diverses catégories de travailleurs classés en fonction de variables démographiques, comme l'âge et le niveau de scolarité. En partant de l'hypothèse que les travailleurs sont rémunérés proportionnellement à la valeur de leur produit marginal, on calcule la quantité de travail utilisé comme étant la somme pondérée du nombre d'heures travaillées par diverses catégories de travailleurs, en prenant pour coefficients de pondération les taux de rémunération relatifs.

La quantité de capital utilisé est calculée de façon similaire, en se fondant sur un concept de flux de services pour les actifs physiques. Le prix de location du capital utilisé pour produire le flux de services de 28 classes d'actifs est établi d'après un taux externe de rendement (le taux des bons du Trésor à terme de trois mois), les gains en capital, le taux de dépréciation et des paramètres fiscaux, tels que l'impôt sur les sociétés et les crédits d'impôt pour investissement. L'estimation des services du capital consiste en une agrégation du stock de capital sur l'ensemble des actifs, en appliquant à chaque classe d'actif un poids correspondant à la valeur moyenne sur deux ans de la part du revenu de propriété qu'on estime imputable à cette classe d'actif dans chaque branche d'activité. Pour chaque branche d'activité, le revenu de propriété est réparti entre les classes d'actif d'après le prix de location estimé de chaque classe d'actif.

Sur les 47 branches d'activité à deux chiffres qui constitue le secteur des entreprises, nous n'avons retenu que les 37 pour lesquelles la mesure de la production convient à la mesure de la productivité⁶.

Deuxièmement, nous avons tiré des comptes de l'environnement de Statistique Canada (voir Statistique Canada 1997a, b) des données pour les années de référence 1981, 1986, 1991 et 1996 sur le prélèvement, l'utilisation, la recirculation et l'évacuation de l'eau selon la branche d'activité à un niveau désagrégé. Ces données, qui couvrent les établissements alimentés par les services publics et ceux qui s'autoapprovisionnent en eau du secteur canadien des entreprises, sont fondées sur une série d'enquêtes collectives d'Environnement Canada et de Statistique Canada sur la consommation industrielle d'eau au Canada.

5. KLEMS est l'acronyme pour capital (K), travail (L), énergie (E), matières premières (M) et services (S).

6. Les intermédiaires financiers, les services immobiliers et de l'assurance, les services de divertissement et de loisirs, les services d'hébergement et de restauration, les services de santé et les services sociaux, les services aux entreprises, les services personnels et domestiques et les services d'enseignement ont été exclus.

Les établissements alimentés par les services publics reçoivent leur eau d'un service de distribution d'eau, tandis que les établissements qui s'autoapprovisionnent puisent directement dans des masses d'eau naturelles (ruisseaux, lacs ou nappes souterraines). Les dépenses associées au prélèvement d'eau varient selon que l'entreprise est alimentée par les services publics ou qu'elle s'autoapprovisionne. Si elle est raccordée à une entreprise de services publics, elle doit payer à cette dernière des frais annuels de raccordement et le tarif unitaire qui est appliqué pour le prélèvement d'eau, c'est-à-dire des dépenses incluses ici dans les intrants intermédiaires.

Une entreprise autoapprovisionnée n'encourt aucun coût externe pour l'eau qu'elle utilise, à moins qu'elle soit située en Colombie-Britannique, en Saskatchewan ou en Nouvelle-Écosse, qui sont les seules provinces du Canada qui font payer des redevances pour le prélèvement direct d'eau (voir Tate et Scharf, 1991). En général, les redevances pour les ressources naturelles sont traitées dans le Système de comptabilité nationale du Canada (SCNC) comme un paiement pour l'utilisation des services d'un intrant primaire naturel et, par conséquent, font partie de la rémunération du capital⁷. Toutefois, dans le cas des redevances pour l'eau, aucune information ne figure à l'heure actuelle dans le SCNC.

Toutes les entreprises qui prélèvent de l'eau engagent aussi des dépenses associées à l'utilisation interne de l'eau. Il s'agit notamment du coût du traitement de l'eau avant son utilisation (p. ex., l'élimination des minéraux qui est nécessaire si l'eau doit être utilisée pour produire de la vapeur sous haute pression) et avant son évacuation. Dans notre base de données, ces dépenses sont considérées comme des dépenses intermédiaires associées à l'utilisation de l'eau. Comme l'eau est utilisée en même temps que le travail, le capital et d'autres catégories d'intrants intermédiaires, ces dépenses ne peuvent être considérées comme le seul élément sur lequel fonder l'estimation du prix fictif de l'eau (à moins qu'on émette l'hypothèse de technologies séparables, ce qui, pourrait-on soutenir, est une hypothèse restrictive).

Nous avons ajouté des données sur le prélèvement de l'eau à partir de sources d'autoapprovisionnement à celles sur la production et les intrants pour les 37 branches d'activité pour lesquelles il existe une mesure de la production fiable pour l'analyse de la productivité. Parmi ces branches d'activité, nous avons exclu celle de la pêche et du piégeage qui ne semble pas consommer d'eau. Le tableau 1 donne la liste des 36 branches d'activité, ainsi que leurs statistiques descriptives.

2.2. Analyse des données

La base E-KLEMS utilisée est un panel de données de 144 observations sur les prix et les volumes des intrants et des produits, et sur le prélèvement d'eau en tant qu'intrant naturel pour lequel il n'y a aucun prix pour les 36 branches d'activité pour les années de référence 1981, 1986, 1991 et 1996.

Le tableau 1 donne les niveaux moyens de coût total et les taux annuels moyens de croissance de la production réelle, du prélèvement d'eau et des prix réels des intrants conventionnels, ainsi que les parts du coût pour la période allant de 1981 à 1996.

7. Il en est ainsi des redevances pour le pétrole et le gaz, par exemple. Voir Diaz et Harchaoui (1997).

Tableau 1. Statistiques sommaires, 1981 à 1996

Industries	G	s_K	s_L	s_U	$\dot{\omega}_K$	$\dot{\omega}_L$	$\dot{\omega}_U$	\dot{K}	\dot{L}	\dot{U}	\dot{Y}	\dot{W}
	(\$ millions)				pourcentage							
Agricoles et de services connexes	29,32	0,24	0,21	0,55	-4,21	2,22	1,48	-1,93	0,71	1,57	2,32	2,66
Exploitation forestières et services forestiers	8,07	0,12	0,33	0,55	1,53	-0,10	-0,50	-1,99	0,31	4,16	2,87	1,88
Mines	11,73	0,34	0,26	0,40	1,40	2,78	1,93	-0,35	-1,39	0,25	1,40	0,58
Pétrole brut et du gaz naturel	21,58	0,66	0,09	0,25	6,05	4,91	8,46	2,82	2,51	3,10	3,88	-1,43
Carrières et sablières	1,05	0,27	0,28	0,45	0,92	1,76	-1,23	0,67	0,60	2,08	2,12	1,34
Services reliés à l'extraction des minéraux	4,49	0,18	0,35	0,47	1,55	0,82	-1,00	1,42	2,49	1,22	0,90	-0,76
Aliments	38,81	0,12	0,15	0,74	1,91	0,82	-0,52	0,89	0,53	1,46	1,15	0,44
Boissons	5,70	0,26	0,20	0,54	3,13	0,77	-1,12	-1,47	-1,48	1,11	0,41	-1,98
Tabac	1,99	0,28	0,15	0,57	7,19	0,61	-4,68	-2,47	-4,18	-0,28	-1,64	-4,43
Produits en caoutchouc	3,11	0,08	0,32	0,60	2,75	2,38	3,20	1,39	-0,03	2,77	3,63	-5,96
Produits en matière plastique	5,57	0,14	0,24	0,62	2,71	1,05	1,84	5,10	4,43	5,77	5,26	-3,31
Cuir et des produits connexes	1,15	0,09	0,32	0,59	3,19	0,34	-9,75	-2,13	-4,81	-4,91	-4,81	-5,77
Textiles de première transformation	3,04	0,16	0,23	0,61	2,46	2,31	4,82	-0,55	-2,09	0,10	0,35	-1,77
Produits textiles	2,90	0,11	0,26	0,63	2,87	1,13	0,00	-0,19	-0,36	0,79	0,27	2,44
Habillement	6,03	0,12	0,31	0,57	2,53	0,80	-1,27	0,40	-1,71	-0,14	-0,25	-2,45
Bois	14,82	0,08	0,26	0,65	2,11	-2,31	1,77	1,70	1,51	3,57	1,56	-6,48
Meuble et articles d'ameublements	4,10	0,11	0,32	0,57	4,58	0,07	-1,81	0,99	0,96	1,89	1,74	-0,32
Papier et produits connexes	22,56	0,14	0,22	0,64	2,22	1,26	-0,15	1,13	-0,50	2,11	1,84	-1,56
Édition et industries connexes	11,66	0,17	0,36	0,47	3,95	-1,17	-1,72	2,37	1,86	1,93	0,64	0,90
Première transformation des métaux	23,19	0,07	0,21	0,72	0,84	2,94	0,14	-0,66	-1,87	1,89	2,07	-2,46
Fabrication des produits métalliques	17,02	0,12	0,29	0,59	2,83	0,62	-1,41	0,45	1,00	0,93	0,95	-1,59
Machinerie (sauf électrique)	10,45	0,14	0,29	0,57	4,53	0,40	0,75	0,84	0,73	2,03	1,60	-0,21
Matériel de transport	53,36	0,08	0,18	0,74	4,05	1,51	4,27	3,71	1,98	6,24	6,01	-3,34
Produits électriques et électroniques	19,30	0,13	0,25	0,62	2,11	4,35	2,02	3,48	-0,45	7,33	6,94	-1,93
Produits minéraux non métalliques	6,57	0,16	0,27	0,57	3,17	0,19	-6,97	-2,27	-0,60	0,45	0,13	1,20
Produits raffinés du pétrole et du charbon	20,05	0,05	0,04	0,90	4,58	4,75	-0,49	-1,14	-3,32	0,48	-0,04	-2,74
Chimiques	22,01	0,19	0,16	0,64	2,84	1,10	0,66	0,35	0,84	1,97	2,20	-6,40
Autres fabrication	6,94	0,13	0,28	0,59	3,42	0,75	-1,64	2,81	1,10	1,54	1,32	-0,15
Construction	80,74	0,08	0,33	0,58	3,20	-0,30	-1,26	1,17	0,76	-0,01	0,08	0,12
Transports	38,74	0,14	0,36	0,50	0,28	0,43	3,14	1,84	1,64	2,26	2,73	1,18
Transports par pipeline	3,19	0,68	0,12	0,20	1,52	3,99	2,11	3,01	1,89	2,99	5,64	0,46
Stockage et entreposage	1,23	0,22	0,46	0,32	2,80	0,50	-0,47	1,53	1,79	1,62	1,61	0,90
Communications	22,49	0,35	0,38	0,27	0,57	0,81	5,74	4,72	2,23	5,49	4,95	1,21
Autres services d'utilité publique	22,97	0,60	0,20	0,20	-0,75	-0,83	-3,56	1,97	2,60	5,37	2,69	3,09
Commerce de gros	42,71	0,19	0,48	0,34	5,99	1,61	0,59	2,99	2,53	4,54	4,89	1,24
Commerce de détail	48,36	0,13	0,54	0,33	4,78	0,16	-0,44	3,67	1,84	2,76	2,61	1,30
Toutes les industries	637,02	0,20	0,27	0,53	2,44	0,79	0,70	1,78	1,19	2,51	2,49	1,70
Les sept plus grosses consommatrices	196,347	0,23	0,19	0,58	0,02	1,52	-0,13	0,50	0,12	0,02	1,68	1,78

Nota : s_j = intrant j part du coût total ($j = K, L, U$). Aux fins d'illustration, nous supposons que la somme des parts est égale à l'unité; le symbole « . » représente le taux de croissance moyen de la variable sur la période allant de 1981 à 1996; K = services du capital; L = services du travail; U = intrants intermédiaires; Y = production brute; W = prélèvement d'eau.

^a Agriculture, mine, papier, première transformation des métaux, produits raffinés du pétrole et du charbon, chimiques et utilité publique.

La valeur moyenne totale de la production brute de ces 36 branches d'activité entre 1981 et 1996 est de 637 milliards de dollars, et les écarts entre les chiffres par branche d'activité sont importants. Les branches de la construction, du matériel de transport et du commerce, qui représentent plus du tiers de la production nominale, comptent parmi les plus importantes des 36 branches d'activité retenues pour l'étude. D'autres, comme celles du tabac et du cuir et des produits connexes, sont assez petites.

Au niveau agrégé, les intrants intermédiaires représentent plus de la moitié du coût total, tandis que les parts du travail et du capital sont, en moyenne, de 27 % et 20 %, respectivement. Les parts du coût des intrants varient considérablement parmi les 36 branches d'activité. Par exemple, la part de la rémunération du travail varie d'un creux d'environ 4 % pour la branche des produits raffinés du pétrole à un sommet de 54 % pour celle du commerce de détail. La part du coût du capital varie aussi considérablement selon la branche d'activité, allant de 5 % pour les produits raffinés du pétrole à 68 % pour le transport par pipelines et à 66 % pour le pétrole brut et le gaz naturel. En général, la part du coût du capital, est, à quelques exceptions près (principalement les branches du pétrole brut et du gaz naturel, du transport par pipelines et des autres services publics) plus faible que celle de la rémunération du travail. Les intrants intermédiaires, par ailleurs, représentent la part la plus importante du coût total dans presque toutes les branches d'activité, part qui varie de 20 % pour les services publics à 90 % pour les produits raffinés du pétrole et du charbon.

De 1981 à 1996, la croissance de la production agrégée a été de 2,49 %. Ce taux est plus élevé que ceux de 1,78 % et 1,19 % observés pour le capital et le travail, respectivement, mais légèrement inférieur à celui de 2,51 % enregistré pour les intrants intermédiaires. La combinaison des données sur les parts du coût et sur la croissance de ces intrants produit un taux combiné de croissance des intrants de 2 % qui, comparé à la croissance de la production de 2,49 %, donne une augmentation moyenne de la productivité multifactorielle de 0,49 % (sous l'hypothèse de rendements d'échelle constants).

Les taux de croissance de la production et des intrants présentés au tableau 1 varient aussi selon la branche d'activité durant la période visée. La croissance de la production des branches du cuir et des produits connexes et des produits du tabac a été négative. Pour d'autres branches d'activité, comme celles des textiles et des boissons, elle a été médiocre. Un certain nombre de branches d'activité, comme celles des produits en matière plastique, du matériel de transport, des produits électriques et électroniques et des communications, ont connu un taux de croissance de la production supérieur à 3 %. Ces branches d'activité à croissance rapide ont également fait état d'une croissance rapide des intrants capital et travail; pour les branches d'activité ayant une croissance modeste, c'est l'inverse qu'on observe.

Le comportement de la croissance de la production et des intrants selon la branche d'activité donne à penser que le changement de composition des intrants et la variation des taux de croissance de la production et de la productivité n'ont pas été les mêmes pour toutes les branches d'activité. De façon comparable, on observe des taux de croissance négatifs, faible ou rapide pour le travail, le capital et les intrants intermédiaires. À quelques exceptions près, le taux de croissance des prix des intrants est généralement positif, mais varie considérablement d'une branche d'activité à l'autre.

Les entreprises canadiennes utilisent de l'eau pour diverses raisons, dont le refroidissement et le transport des intrants intermédiaires, la production de vapeur, la production d'électricité, la désinfection et, enfin, pour l'inclusion dans les produits fabriqués (p. ex., production de bière). Le prélèvement d'eau par le secteur des entreprises a atteint 40,9 milliards de mètres cubes en 1996, en hausse par rapport aux 32,5 milliards enregistrés en 1981. Cette croissance annuelle moyenne de 1,53 % du prélèvement d'eau, comparativement à la croissance annuelle moyenne de 2,49 % de la production, donne lieu à une augmentation favorable de la croissance de l'éco-efficacité — définie comme la croissance de la production par unité d'intrant naturel, qui s'établit à 0,96 % par année.

La répartition du prélèvement d'eau entre les branches du secteur des entreprises est assez inégale. Sept branches d'activité représentent 96 %, en moyenne, du prélèvement global d'eau par autoapprovisionnement de 1981 à 1996. Ces branches sont celles des services publics (65,9 %), de l'agriculture (10,1 %), du papier (7,1 %), de la première transformation des métaux (4,7 %), des produits chimiques (4,5 %), des mines (1,5 %) et des produits raffinés du pétrole (1,2 %).

Ces sept branches d'activité consommatrices d'eau les plus importantes, qui représentent 23,8 % de la production brute des branches du secteur des entreprises retenues pour la présente étude, possèdent certaines caractéristiques qui les distinguent des autres branches d'activité. Avec un taux moyen de -0,05 %, ces branches d'activité à forte consommation d'eau affichent un ralentissement modéré de la croissance de l'éco-efficacité (croissance du prélèvement d'eau de 1,78 % comparativement à une croissance de la production réelle de 1,68 %) par rapport au taux de 0,79 % pour le secteur des entreprises (croissance du prélèvement d'eau de 1,70 % comparativement à une croissance de la production réelle de 2,49 %).

Ces sept branches d'activité s'appuient aussi davantage sur les intrants intermédiaires (58 % de la production brute comparativement à 53 % pour le secteur des entreprises dans son ensemble) et sur le capital (23 % vs 20 %), mais moins sur le travail (19 % vs 27 %). Cette situation résulte d'une augmentation plus favorable des prix relatifs des intrants intermédiaires et du capital pour ces branches d'activité que pour le secteur des entreprises dans son ensemble (0,02 % vs 2,44 %, -0,13 % vs 0,7 %, respectivement, pour le capital et les intrants intermédiaires). Ces branches d'activité ont affiché une croissance plus faible de la production (1,68 %) et des intrants (0,5 %, 0,12 % et 0,02 %, respectivement, pour le capital, le travail et les intrants intermédiaires) que le secteur des entreprises dans son ensemble, mais une croissance significativement plus élevée de la productivité multifactorielle, soit 1,5 %, en moyenne, de 1981 à 1996 (sous l'hypothèse de rendements d'échelle constants).

La croissance de l'éco-efficacité varie de l'une à l'autre de ces sept branches d'activité, la valeur la plus forte étant enregistrée pour la branche des produits chimiques (8,6 %). Viennent ensuite les branches de la première transformation des métaux (4,53 %), du papier et des produits connexes (3,4 %), résultats qui font penser à l'adoption d'une technologie permettant d'économiser l'eau qui favorise le recyclage de cette dernière⁸. Par contre, les branches des autres services publics et de l'agriculture, qui sont les consommatrices d'eau les plus importantes, ont enregistré une baisse d'éco-efficacité (-0,4 % et -0,34 %, respectivement).

8. D'autres renseignements sur le recyclage de l'eau figurent à la section IV.2.

IV. Résultats et conséquences

1. Estimation

Le système d'équations qu'il faut estimer comprend la fonction de coût (5) et les équations des parts pour $i = K, L$ et E donné par (6). L'équation de la part des intrants intermédiaires s'obtient par différence étant donné la contrainte voulant que la somme des parts des coûts soit égale à l'unité. Nous avons regroupé des séries chronologiques et des données transversales sur les 37 industries pour la période allant de 1981 à 1996 pour estimer le modèle. L'estimation de ce dernier sous forme d'un système regroupé augmente le nombre de degrés de liberté, mais impose aussi des contraintes entre équations en raison de paramètres communs. Ce problème peut être résolu en utilisant des techniques de régressions apparemment non liées; nous avons utilisé une version non linéaire de la procédure.

Nous utilisons aussi des variables instrumentales (VI) pour tenir compte de l'endogénéité éventuelle de la production ou des erreurs dans les variables. La technique des variables instrumentales s'appuie habituellement sur des variables exogènes retardées comme instrument. Nous avons corrigé pour les erreurs autorégressives de premier ordre (les tests de Durbin-Watson ont indiqué la présence d'erreurs autocorrélées dans les équations des coûts et de la demande d'intrants) en utilisant les valeurs retardées des variables exogènes. Par conséquent, la correction pour l'autocorrélation des résidus peut être interprétée comme résultant de l'utilisation de la technique des variables instrumentales. Plus précisément, l'intégration de la variable dépendante décalée dans l'équation de coût donne la forme $\ln\left(\frac{G_h}{w_{sh}}\right)_t = \beta_{oh}(D_h) + \beta Z_t + \rho \ln\left(\frac{G_h}{w_{sh}}\right)_{t-1} + u_t$ qui, à son tour, implique, après les substitutions appropriées, la forme $\ln\left(\frac{G_h}{w_{sh}}\right)_t = \beta_{oh}(D_h)(1 + \rho) + \beta(Z_t + \rho Z_{t-1}) + (u_t + \rho u_t)$ où Z_t représente le vecteur des variables du deuxième membre de (5), β représente le vecteur correspondant de paramètres et ρ est le coefficient d'autocorrélation. Une formule semblable s'applique aux équations des parts (6). Nos résultats, qui peuvent être obtenus sur demande, s'appuient aussi sur l'utilisation d'une matrice de covariance de White pour générer les erreurs-types.

2. Conséquences du prélèvement d'eau pour les structures de production

Les différences importantes entre branches d'activité en ce qui concerne la croissance de la production, les intrants et la structure des coûts entre 1981 et 1996 offrent un riche ensemble de données pour tester économétriquement l'effet de l'utilisation de l'eau en tant qu'intrant gratuit sur la croissance de la productivité et les indicateurs connexes de rendement de ces branches d'activité. Par conséquent, nous nous attendons à ce que les résultats (élasticités, prix fictif de l'eau et taux de croissance de la productivité multifactorielle) calculés en utilisant les estimations des paramètres de notre modèle économétrique varient considérablement d'une branche d'activité à l'autre. Ces variations entre branches d'activité motivent l'utilisation d'une spécification du modèle qui reflète les particularités des branches d'activité.

Le tableau 2 donne les valeurs de l'élasticité des coûts et du prix fictif pour le prélèvement d'eau. Les deux dernières lignes donnent une moyenne pondérée pour l'ensemble du secteur des entreprises et pour les sept branches d'activité consommatrices d'eau les plus importantes pour la période allant de 1981 à 1996. L'élasticité des coûts pour le secteur des entreprises dans son ensemble est de 0,76, valeur qui témoigne de l'existence d'économies d'échelle. Toutefois, l'élasticité varie fortement selon la branche d'activité, allant de 1,52 pour celle du tabac à 0,58 pour celle des produits raffinés du pétrole. La branche du tabac est la seule qui présente un rendement d'échelle décroissant (0,66), toutes les autres ayant affiché des rendements d'échelle croissants raisonnables et statistiquement significatifs. Les sept branches d'activité susmentionnées ne font pas exception. Leur élasticité moyenne des coûts est légèrement inférieure à la moyenne observée pour le secteur des entreprises (0,76), quoique la fourchette soit nettement plus étroite (de 0,84 pour la branche des produits chimiques à 0,58 pour celle des produits raffinés du pétrole).

Le tableau 2 présente aussi les estimations du progrès technique, de l'élasticité de substitution et du prix fictif par branche d'activité. Les chiffres témoignent d'un progrès technique moyen mais statistiquement significatif de 5 % pour le secteur des entreprises dans son ensemble, avec de fortes variations selon la branche d'activité. Les branches d'activité qui fabriquent des produits de haute technologie, comme celles des produits électriques et électroniques et des télécommunications, ont enregistré les variations les plus fortes, en moyenne, du progrès technique de 1981 à 1996 (8 % et 7 %, respectivement). D'autres, comme les branches du commerce de gros et du transport, ont connu un progrès technique aussi impressionnant que les branches de la haute technologie durant la période visée (7 %).

Des informations supplémentaires sur la structure de la technologie des industries peuvent être obtenues à partir des élasticité de substitution. Une élasticité croisée positive indique une substituabilité (l'inverse pour la complémentarité); par exemple, à mesure que le prix du capital (travail) diminue, l'utilisation du capital (travail) et celle de l'eau augmentent. Pour le secteur des entreprises, les élasticité entre le capital et l'eau et le travail et l'eau sont significativement positives (0,24 et 0,21, respectivement), reflétant le fait qu'une baisse dans le prélèvement de l'eau requière davantage de capital (travail). Dupont et Renzetti (1999) ont également observé la substituabilité du capital et de l'eau, mais les élasticité qu'ils ont calculées sont trois fois plus grandes que les nôtres, ce qui reflète des différences entre les méthodologies et les types de données utilisées.

Les estimations de l'élasticité de substitution varient fortement selon la branche d'activité. Pour la majorité des sept branches d'activité les plus grandes consommatrices d'eau, l'eau est un substitut de l'intrant travail ou capital. Les branches des services publics et des produits raffinés du pétrole et du charbon constituent, cependant, les deux exceptions où le travail et le capital sont, respectivement, compléments à l'eau. Parmi ces sept industries, la branche des services publics affiche les élasticité de substitution les plus élevées (en valeur absolue) (0,26 et -0,27, respectivement pour le capital et le travail), suivie par les branches de l'agriculture et des produits chimiques (0,17 et 0,18). Bien que les services publics, la plus grande branche consommatrice d'eau, affiche l'élasticité de substitution la plus élevée, les résultats ne révèlent pas un lien direct entre l'intensité de la consommation d'eau et le degré de substitution des intrants primaires à l'eau.

Tableau 2. Estimations moyennes des diverses élasticités et des prix fictifs, 1981 à 1996

Industries	$\mathcal{E}_{G,Y}$	\mathcal{E}_I	$\mathcal{E}_{W,K}$	$\mathcal{E}_{W,L}$	z (en \$ par mètre cube)
Agricoles et de services connexes	0,76 (3,44)	-0,05 (4,67)	0,17 (4,81)	0,18 (5,67)	0,46 (1,75)
Exploitation forestière et services forestiers	0,87 (3,19)	-0,06 (4,84)	0,21 (8,13)	0,22 (9,00)	0,91 (2,16)
Mines	0,62 (3,12)	-0,05 (4,40)	0,11 (9,31)	0,12 (9,98)	0,35 (1,12)
Pétrole brut et du gaz naturel	0,86 (2,03)	-0,06 (5,45)	0,36 (3,24)	0,37 (3,73)	0,95 (3,56)
Carrières et sablières	0,73 (3,37)	-0,06 (4,89)	0,23 (9,52)	0,23 (2,19)	0,86 (2,28)
Services reliés à l'extraction des minéraux	0,58 (2,83)	-0,04 (3,33)	-0,16 (3,02)	-0,15 (2,32)	0,55 (1,55)
Aliments	0,70 (3,31)	-0,05 (4,14)	0,04 (3,58)	0,06 (4,96)	0,15 (0,48)
Boissons	0,52 (2,68)	-0,05 (3,78)	-0,04 (3,62)	-0,03 (2,76)	-0,20 (0,41)
Tabac	1,52 (2,26)	-0,03 (2,40)	-0,41 (2,39)	-0,39 (3,29)	0,93 (2,03)
Produits en caoutchouc	0,85 (2,17)	-0,06 (4,93)	0,23 (9,76)	0,24 (2,86)	1,29 (2,37)
Produits en matière plastique	0,91 (3,01)	-0,07 (6,24)	0,53 (4,36)	0,54 (4,32)	0,67 (5,30)
Cuir et des produits connexes	0,99 (1,98)	-0,02 (1,65)	-0,63 (4,38)	-0,61 (4,35)	0,92 (3,09)
Textiles de première transformation	0,62 (2,98)	-0,04 (3,50)	-0,12 (9,62)	-0,11 (8,69)	-0,34 (1,12)
Produits textiles	0,77 (3,36)	-0,05 (4,01)	0,01 (0,78)	0,02 (1,81)	0,04 (0,16)
Habillement	0,60 (2,97)	-0,04 (3,70)	-0,07 (5,50)	-0,06 (4,60)	-0,21 (0,60)
Bois	0,86 (1,94)	-0,05 (3,93)	-0,01 (0,91)	0,00 (0,27)	-0,02 (0,03)
Meuble et articles d'ameublements	0,66 (3,24)	-0,05 (4,34)	0,09 (7,82)	0,10 (8,73)	0,38 (0,98)
Papier et produits connexes	0,61 (3,09)	-0,05 (4,44)	0,12 (10,02)	0,13 (11,03)	0,49 (1,23)
Édition et industries connexes	0,72 (3,36)	-0,05 (4,28)	0,08 (6,59)	0,09 (7,29)	0,32 (0,82)
Première transformation des métaux	0,86 (2,97)	-0,05 (4,37)	0,09 (8,06)	0,11 (9,48)	0,39 (1,04)
Fabrication des produits métalliques	0,59 (3,00)	-0,05 (3,90)	-0,02 (1,46)	-0,01 (0,53)	-0,04 (0,12)
Machinerie (sauf électrique)	0,62 (3,03)	-0,04 (3,58)	-0,10 (7,99)	-0,09 (7,12)	-0,33 (0,92)
Matériel de transport	0,95 (1,87)	-0,07 (6,68)	0,62 (5,30)	0,63 (5,73)	0,84 (6,23)
Produits électriques et électroniques	0,95 (1,75)	-0,08 (7,01)	0,69 (3,51)	0,70 (4,48)	0,75 (6,92)
Produits minéraux non métalliques	0,76 (3,25)	-0,04 (3,63)	-0,08 (6,90)	-0,07 (6,05)	-0,22 (0,79)
Produits raffinés du pétrole et du charbon	0,58 (2,75)	-0,04 (3,13)	-0,22 (7,86)	0,17 (3,68)	0,48 (2,06)
Chimiques	0,84 (1,70)	-0,05 (4,64)	0,17 (4,31)	0,18 (5,41)	0,31 (1,70)
Autres fabrication	0,66 (3,24)	-0,05 (4,29)	0,08 (6,75)	0,09 (7,66)	0,30 (0,85)
Construction	0,68 (3,18)	-0,05 (3,74)	-0,06 (4,83)	-0,05 (3,76)	-0,16 (0,50)
Transports	0,68 (3,25)	-0,06 (4,84)	0,21 (8,34)	0,22 (9,12)	0,79 (2,18)
Transports par pipeline	0,87 (2,38)	-0,07 (6,22)	0,52 (4,23)	-0,54 (4,40)	0,52 (5,25)
Stockage et entreposage	0,70 (3,32)	-0,05 (4,25)	0,07 (6,09)	0,08 (6,63)	0,26 (0,75)
Communications	0,87 (2,67)	-0,07 (6,25)	0,53 (4,90)	0,54 (4,81)	0,48 (5,33)
Autres services d'utilité publique	0,81 (3,48)	-0,06 (5,05)	0,26 (2,01)	-0,27 (2,76)	0,95 (2,66)
Commerce de gros	0,87 (2,70)	-0,07 (6,13)	0,50 (4,23)	0,51 (4,81)	0,48 (5,07)
Commerce de détail	0,71 (3,33)	-0,06 (4,90)	0,23 (9,47)	0,23 (2,16)	0,88 (2,31)
Toutes les industries	0,76 (2,85)	-0,06 (4,81)	0,24 (4,98)	0,21 (4,96)	0,73 (2,19)
Les sept plus grosses consommatrices d'eau ^a	0,70 (2,96)	-0,05 (4,37)	0,17 (4,50)	0,06 (5,61)	0,76 (2,24)

Nota : ^a Agriculture, mine, papier, première transformation des métaux, produits raffinés du pétrole et du charbon, chimiques et utilité publique.

$\mathcal{E}_{G,Y}$ = échelle d'élasticités; \mathcal{E}_I = progrès technique; $\mathcal{E}_{W,K}$ = capital-eau élasticités de substitution;

$\mathcal{E}_{W,L}$ = travail-eau élasticités de substitution; z (en \$ par mètre cube) = prix fictif pour le prélèvement d'eau. Les statistiques t sont entre parenthèses.

Le prix fictif du prélèvement d'eau est significatif et s'établit à 0,73 \$ par mètre cube pour l'ensemble du secteur des entreprises, valeur légèrement inférieure à celle enregistrée pour les sept branches d'activité susmentionnée (0,76 \$ par mètre cube). Pour la moitié des 36 branches d'activité, le prix fictif est positif et statistiquement significatif, mais d'ordre de grandeur variable, ce qui reflète les différences entre les avantages marginaux tirés de l'utilisation de l'eau en tant qu'intrant gratuit. Bien que le prix fictif soit positif pour les sept branches d'activité grandes consommatrices d'eau, il n'est significatif que pour les services publics, l'agriculture, les produits chimiques et les produits raffinés du pétrole. Parmi ce groupe de branches d'activité, les services publics, qui sont les plus grands utilisateurs d'eau, affichent le prix fictif le plus élevé, à 0,95 \$ par mètre cube, soit environ deux fois celui observé pour la branche de l'agriculture, qui se classe deuxième par ordre d'importance du prélèvement d'eau⁹.

Avant de passer aux résultats concernant la productivité multifactorielle, il est utile de les comparer à ceux de Renzetti et Dupont (2002) qui ont publié des estimations des prix fictifs de l'eau prélevée calculés d'après des données regroupées provenant d'enquêtes transversales (1981, 1986 et 1991) sur la consommation d'eau au niveau de l'établissement selon l'industrie à deux chiffres du secteur canadien de la fabrication pour chaque province. Ces estimations sont obtenues au moyen de la fonction de coût restreinte pour le secteur canadien de la fabrication dans laquelle le capital, la main-d'œuvre, l'énergie, les matières premières, ainsi que la recirculation et le traitement de l'eau sont des intrants variables et la quantité d'eau prélevée est un intrant quasi fixe.

Leurs données proviennent de deux sources distinctes : premièrement, l'Enquête annuelle des manufactures (EAM) de Statistique Canada au niveau provincial pour les industries à quatre chiffres. Pour calculer les estimations du coût total de production selon l'industrie, les auteurs maintiennent l'égalité entre la production brute et le coût total des intrants (hypothèse d'un rendement d'échelle constant). Comme les données de l'EAM sont publiées uniquement aux prix courants, les auteurs utilisent divers indices de prix des produits et des intrants que nécessitent leur fonction de coût restreinte. Sous cette hypothèse de rendement d'échelle constant, il s'ensuit que le coût d'utilisation du capital employé pour mesurer le prix des services du capital est établi sous l'hypothèse d'un taux interne de rendement. Deuxièmement, les données sur la consommation d'eau proviennent de l'enquête sur la consommation industrielle d'eau d'Environnement Canada qui sont produites au niveau de l'établissement sur une base quinquennale. Ces données sont ensuite agrégées au niveau à deux chiffres de la classification des industries pour chaque province afin qu'elles concordent avec les données de l'EAM.

9. L'intervalle de confiance pour les estimations des prix fictifs de 0,73 \$ par mètre cube pour toutes les industries et 0,95 \$ par mètre cube pour les sept industries les consommatrices d'eau sont, respectivement, 0,55-0,84 et 0,89-1,08.

Tableau 3. Croissance de la productivité multifactorielle, 1981 à 1996 (taux annuels moyens de croissance)

Industries	Avec prélèvement d'eau	Sans prélèvement d'eau
Agricoles et de services connexes	3,0	1,8
Exploitation forestière et services forestiers	1,2	-1,0
Mines	3,6	3,3
Pétrole brut et du gaz naturel	4,3	4,5
Carrières et sablières	4,2	2,6
Services reliés à l'extraction des minéraux	1,9	1,4
Aliments	0,6	0,5
Boissons	-1,5	-1,8
Tabac	8,3	7,7
Produits en caoutchouc	5,2	9,8
Produits en matière plastique	3,7	6,1
Cuir et des produits connexes	-2,9	-4,0
Textiles de première transformation	-2,2	-3,0
Produits textiles	-3,9	-4,1
Habillement	-6,0	-6,5
Bois	-1,2	-1,2
Meuble et articles d'ameublements	5,0	5,1
Papier et produits connexes	7,0	7,8
Édition et industries connexes	-2,3	-2,7
Première transformation des métaux	0,0	1,0
Fabrication des produits métalliques	1,5	1,4
Machinerie (sauf électrique)	5,8	5,7
Matériel de transport	-0,1	2,7
Produits électriques et électroniques	1,9	3,9
Produits minéraux non métalliques	-4,2	-3,7
Produits raffinés du pétrole et du charbon	-4,1	-6,3
Chimiques	0,9	4,3
Autres fabrication	2,2	2,3
Construction	-4,1	-4,1
Transports	10,4	9,1
Transports par pipeline	10,2	9,8
Stockage et entreposage	3,1	2,8
Communications	7,2	6,0
Autres services d'utilité publique	3,3	-1,7
Commerce de gros	5,0	6,0
Commerce de détail	6,0	6,2
Toutes les industries	2,0	2,1
Les sept plus grosses consommatrices d'eau^a	2,2	1,5

Nota : ^a Agriculture, mine, papier, première transformation des métaux, produits raffinés du pétrole et du charbon, chimiques et utilité publique.

Les différences associées à la période de référence, les branches d'activité couvertes, l'uniformité des sources de données, la méthodologie et les techniques d'estimation rendent impossible un rapprochement catégorique de nos résultats. Ainsi, nos données couvrent une part importante du secteur des entreprises considérée dans les comptes officiels de la productivité du Canada. Nous couvrons non seulement les industries à deux chiffres du secteur de la fabrication, mais aussi les industries de l'agriculture, des mines, des services publics et des services non financiers. L'agriculture et les services publics sont des branches d'activité dont il est particulièrement important de tenir compte dans toute étude de la consommation d'eau, puisqu'elles représentent les trois quarts du prélèvement global d'eau par autoapprovisionnement au cours de la période allant de 1981 à 1996. Nos données sont tirées de la base de données E-KLEMS, qui est une source intégrée et cohérente d'information, exprimée en prix courants et en prix constants, qui est mieux adaptée aux études sur l'effet de l'activité économique sur l'environnement au niveau national (voir la section III.2). Ainsi, le coût d'utilisation du capital que nous utilisons est établi par la méthode du taux externe de rendement, qui est la seule qui concorde avec l'hypothèse de rendement d'échelle non constant qui sous-tend notre fonction de coût¹⁰. Enfin, même si l'étude de Renzetti et Dupont (2002) et la nôtre s'appuient sur une procédure SUR de Zellner, notre technique d'estimation économétrique aux moyens de VI tient compte de tout problème que pourrait poser une corrélation fallacieuse et d'endogénéité.

Examinons maintenant les estimations de la croissance de la productivité multifactorielle présentée au tableau 3. Selon ce dernier, la productivité moyenne des 36 branches d'activité entre 1981 et 1996 est de 2,1 % si l'on ne tient pas compte de l'eau et de 2,0 % si l'on inclut l'eau dans l'ensemble d'intrants. Si nous limitons l'échantillon aux sept branches d'activité consommatrices d'eau les plus importantes, la croissance de la productivité passe de 1,5 % à 2,2 %, en moyenne, de 1981 à 1996. L'augmentation la plus importante a eu lieu pour la branche des services publics (-1,7 % à 3,3 %) qui est suivie par la branche de l'agriculture (de 1,8 % à 3 %).

3. Effet de la recirculation de l'eau sur les résultats

Le cadre d'analyse empirique utilisé jusqu'à présent n'a tenu compte que du prélèvement d'eau à partir de sources d'autoapprovisionnement. Bien que l'autoapprovisionnement constitue la source la plus importante de l'eau utilisée par le secteur canadien des entreprises, on a jusqu'à présent omis la question de la recirculation (recyclage) de l'eau. Pourtant, comme l'indique les données, celle-ci est un aspect important de l'utilisation de l'eau par le secteur canadien des entreprises. Des 40,9 millions de mètres cubes d'eau obtenus par autoapprovisionnement utilisés par ce secteur en 1996, 51 % ont été recyclés. Il s'agit là d'une augmentation importante par rapport à 1981, année où le rapport de recirculation était de 43,5 %. Même si ce rapport a baissé assez significativement en 1986 (37,6 %) et en 1991 (29,6 %), la recirculation demeure importante, puisqu'elle représente, en moyenne 40,2 % du prélèvement d'eau du secteur des

10. Autrement dit, la méthode de coût d'usage interne utilisée par Renzetti et Dupont (2002) n'est pas conforme à leur fonction de coût à rendement d'échelle non constant. Seule une fonction de coût à rendement d'échelle constant, c'est-à-dire (dans la notation utilisée par les auteurs à la page 10) $\frac{C}{Q_0} = C(P_i, Q_W, T, Z)$, $i = K, L, E, M, R, T_r$, est conforme à la notion de taux interne de rendement (voir Harchaoui et Tarkhani 2002 pour plus de précisions).

entreprises de 1981 à 1996. Pareillement, à 37,4 % au cours de la même période, la recirculation était tout aussi importante pour les sept branches d'activité consommatrices d'eau principales.

Étant donné l'importance de la recirculation, il est essentiel de s'interroger, d'abord, sur la robustesse des résultats obtenus antérieurement à l'introduction de la recirculation de l'eau dans le cadre analytique et, ensuite, sur l'effet de la recirculation de l'eau sur les prix fictifs de l'utilisation de l'eau au Canada. Ces questions ont des conséquences importantes en ce qui a trait au cadre analytique utilisé ici. Considérons d'abord la question de savoir si la prise en compte de la recirculation de l'eau modifierait de façon significative les résultats obtenus antérieurement. Une telle modification donnerait à penser que le modèle est mal spécifié, puisqu'il serait sensible à toute nouvelle hypothèse concernant le comportement des branches d'activité en ce qui a trait à l'utilisation de l'eau, si bien que les estimations ne seraient pas fiables ou, au mieux, seraient entachées d'une incertitude importante. Ceci nous mène à la deuxième question, celle de savoir si la recirculation de l'eau a une incidence sur le prix fictif de l'utilisation de l'eau. Intuitivement, plus la quantité d'eau qu'elles recyclent est importante, moins les entreprises seront disposées à payer pour l'eau qu'elles utilisent. Par conséquent, la comptabilisation de la recirculation de l'eau devrait réduire le prix fictif de l'eau, toutes choses étant égales par ailleurs.

Nous avons modifié notre cadre empirique initial comme suit. Premièrement, nous avons remplacé le prélèvement d'eau par l'utilisation de l'eau, définie comme étant la somme du prélèvement d'eau et de la recirculation, dans l'estimation du système d'équations (5) et (6). Deuxièmement, nous avons annexé une variable binaire à la variable d'utilisation de l'eau dans l'équation (5) pour tenir compte du fait que la recirculation de l'eau implique différentes technologies selon la branche d'activité. Compte tenu de ces changements, la fonction de coût total (5) devient

$$\begin{aligned}
 \ln G_{it} = & \alpha_i + \alpha_Y \ln Y_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{YY} (\ln Y_{it})^2 + \alpha_W^1 \ln WU_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{WW}^1 (\ln WU_{it})^2 \\
 & + \alpha_W^2 \ln WU_{it} * D_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{WW}^2 (\ln WU_{it} * D_{it})^2 + \sum_{s=K,L,U} \alpha_{Ys} \ln Y_{it} \ln(w_{ist}) \\
 & + \sum_{s=K,L,U} \alpha_{Ws} \ln WU_{it} \ln(w_{ist}) + \alpha_{YW} \ln Y_{it} \ln WU_{it} + \sum_{s=K,L,U} \alpha_j \ln(w_{ijt}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_{s=K,L,U} \sum_{s'=K,L,U} \alpha_{ss'} \ln(w_{is't'}) \ln(w_{ist}) + \alpha_t t + \alpha_{tt} t^2 + \sum_{s=K,L,U} \alpha_{ts} \ln(w_{ist}) t,
 \end{aligned} \tag{7}$$

où WU_{it} ($\equiv W_{it} + REC_{it}$) est l'utilisation de l'eau définie comme étant la somme du prélèvement d'eau (W_{it}) et de la recirculation de l'eau (REC_{it}), et D_{it} est une variable nominale qui prend la valeur 1 s'il y a recirculation d'eau et 0, autrement. L'effet de la recirculation de l'eau sur la fonction de coût se manifeste selon deux voies : premièrement, plus l'eau est recirculée, plus le coût total G_{it} est élevé (effet de quantité); deuxièmement, l'utilisation d'une variable binaire D_{it} fait penser qu'en cas de recirculation de l'eau, la branche d'activité utilise une autre technologie que si elle se contentait de prélever de l'eau. Par conséquent, le prix fictif de l'utilisation de l'eau et d'autres indicateurs de la structure technologique et de la performance économique dépendent de la combinaison de ces deux effets. Les résultats correspondants sont présentés aux tableaux 4 et 5.

Tableau 4. Estimations moyennes des diverses élasticités et des prix fictifs avec recirculation, 1981 à 1996

Industries	$\mathcal{E}_{G,Y}$	\mathcal{E}_t	$\mathcal{E}_{W,K}$	$\mathcal{E}_{W,L}$	z (en \$ par mètre cube)
Agricoles et de services connexes	0,74 (3,14)	-0,04 (4,55)	0,16 (3,03)	0,17 (3,47)	0,44 (1,82)
Exploitation forestière et services forestiers	0,89 (2,41)	-0,06 (3,97)	0,23 (3,24)	0,19 (3,10)	0,88 (2,60)
Mines	0,71 (2,24)	-0,05 (3,10)	0,12 (3,12)	0,17 (2,58)	0,26 (1,99)
Pétrole brut et du gaz naturel	0,89 (2,56)	-0,06 (4,59)	0,29 (2,87)	0,30 (2,63)	0,75 (2,67)
Carrières et sablières	0,73 (1,99)	-0,06 (3,82)	0,20 (4,04)	0,29 (2,09)	0,83 (2,01)
Services reliés à l'extraction des minéraux	0,67 (1,89)	-0,04 (2,89)	-0,11 (5,05)	-0,20 (2,52)	0,50 (1,60)
Aliments	0,70 (2,47)	-0,03 (3,57)	0,06 (2,34)	0,10 (3,76)	0,32 (0,96)
Boissons	0,51 (2,01)	-0,05 (3,89)	-0,03 (1,93)	-0,09 (2,06)	-0,07 (0,89)
Tabac	1,38 (3,18)	-0,03 (2,05)	-0,33 (2,47)	-0,41 (3,59)	1,04 (2,45)
Produits en caoutchouc	0,89 (2,14)	-0,05 (3,21)	0,25 (3,87)	0,30 (2,76)	0,99 (2,41)
Produits en matière plastique	0,95 (2,76)	-0,07 (4,44)	0,49 (2,24)	0,48 (3,22)	0,66 (4,24)
Cuir et des produits connexes	0,98 (2,06)	-0,04 (1,50)	-0,44 (2,12)	-0,56 (3,45)	0,85 (2,88)
Textiles de première transformation	0,63 (3,17)	-0,04 (3,27)	-0,18 (3,75)	-0,14 (3,89)	-0,29 (1,89)
Produits textiles	0,76 (2,61)	-0,05 (3,28)	0,09 (1,57)	0,00 (1,41)	0,10 (0,83)
Habillement	0,63 (2,11)	-0,04 (2,08)	-0,12 (3,42)	-0,04 (3,50)	-0,33 (1,14)
Bois	0,86 (1,58)	-0,06 (3,12)	-0,02 (0,83)	0,05 (1,67)	-0,00 (0,19)
Meuble et articles d'ameublements	0,67 (2,55)	-0,05 (4,14)	0,11 (2,14)	0,14 (2,83)	0,41 (1,75)
Papier et produits connexes	0,73 (2,23)	-0,05 (2,67)	0,20 (3,01)	0,11 (3,23)	0,31 (2,09)
Édition et industries connexes	0,77 (3,31)	-0,04 (3,11)	0,07 (2,47)	0,12 (3,49)	0,28 (1,66)
Première transformation des métaux	0,92 (1,05)	-0,05 (2,12)	0,12 (3,17)	0,17 (2,58)	0,23 (2,03)
Fabrication des produits métalliques	0,62 (2,46)	-0,07 (2,90)	0,03 (1,79)	-0,06 (0,33)	-0,08 (0,49)
Machinerie (sauf électrique)	0,62 (2,49)	-0,04 (3,88)	-0,16 (2,01)	-0,04 (3,42)	-0,37 (0,84)
Matériel de transport	0,94 (1,74)	-0,04 (4,32)	0,59 (3,47)	0,57 (2,83)	0,79 (3,67)
Produits électriques et électroniques	0,97 (3,05)	-0,06 (5,43)	0,60 (3,34)	0,59 (2,28)	0,69 (2,86)
Produits minéraux non métalliques	0,66 (2,71)	-0,04 (2,19)	-0,15 (2,83)	-0,10 (3,25)	-0,09 (0,99)
Produits raffinés du pétrole et du charbon	0,69 (3,03)	-0,04 (2,89)	-0,23 (2,17)	0,22 (2,98)	0,29 (2,33)
Chimiques	0,87 (2,15)	-0,06 (3,11)	0,11 (2,64)	0,24 (4,01)	0,33 (2,23)
Autres fabrication	0,61 (2,47)	-0,03 (4,31)	0,14 (3,29)	0,12 (3,36)	0,33 (1,49)
Construction	0,63 (2,99)	-0,05 (2,43)	-0,08 (4,14)	-0,03 (2,46)	-0,20 (0,73)
Transports	0,73 (2,53)	-0,04 (3,01)	0,22 (3,55)	0,24 (3,62)	0,93 (3,02)
Transports par pipeline	0,81 (1,89)	-0,06 (5,44)	0,47 (1,76)	-0,45 (2,70)	0,64 (2,39)
Stockage et entreposage	0,70 (2,44)	-0,05 (1,99)	0,11 (3,20)	0,12 (2,23)	0,25 (1,49)
Communications	0,84 (3,11)	-0,06 (3,56)	0,49 (2,73)	0,51 (2,91)	0,55 (2,65)
Autres services d'utilité publique	0,89 (2,71)	-0,06 (3,47)	0,35 (3,35)	-0,19 (3,36)	0,71 (2,08)
Commerce de gros	0,71 (3,09)	-0,04 (3,33)	0,51 (2,44)	0,44 (2,21)	0,55 (3,16)
Commerce de détail	0,76 (2,39)	-0,05 (2,56)	0,29 (3,58)	0,18 (3,76)	1,02 (2,65)
Toutes les industries	0,77 (2,53)	-0,05 (3,33)	0,24 (2,99)	0,19 (2,93)	0,55 (2,08)
Les sept plus grosses consommatrices d'eau^a	0,74 (2,57)	-0,05 (3,41)	0,18 (2,91)	0,07 (2,95)	0,57 (2,06)

Nota : ^a Agriculture, mine, papier, première transformation des métaux, produits raffinés du pétrole et du charbon, chimiques et utilité publique. $\mathcal{E}_{G,Y}$ = échelle d'élasticité; \mathcal{E}_t = progrès technique; $\mathcal{E}_{W,K}$ = capital-eau élasticités de substitution; $\mathcal{E}_{W,L}$ = travail-eau élasticités de substitution; z (en \$ par mètre cube) = prix fictif de l'eau utilisé. Les statistiques t sont entre parenthèses.

**Tableau 5. Croissance de la productivité multifactorielle avec recirculation, 1981 à 1996
(taux de croissance annuel moyen en pourcentage)**

Industries	Avec eau utilisée	Pas avec de l'eau utilisée
Agricoles et de services connexes	3,9	3,0
Exploitation forestière et services forestiers	-2,6	-0,3
Mines	1,3	1,6
Pétrole brut et du gaz naturel	2,5	2,2
Carrières et sablières	2,3	3,9
Services reliés à l'extraction des minéraux	0,2	0,7
Aliments	2,4	2,5
Boissons	-2,2	-1,9
Tabac	4,8	5,4
Produits en caoutchouc	7,2	2,6
Produits en matière plastique	0,8	-1,6
Cuir et des produits connexes	-6,0	-4,9
Textiles de première transformation	-2,9	-2,1
Produits textiles	-4,3	-4,0
Habillement	-6,0	-5,4
Bois	-2,5	-2,4
Meuble et articles d'ameublements	4,8	4,7
Papier et produits connexes	4,2	3,4
Édition et industries connexes	-2,1	-1,7
Première transformation des métaux	-1,2	-2,2
Fabrication des produits métalliques	-1,3	-1,3
Machinerie (sauf électrique)	6,0	6,1
Matériel de transport	2,0	4,0
Produits électriques et électroniques	0,7	-1,3
Produits minéraux non métalliques	-2,9	-3,3
Produits raffinés du pétrole et du charbon	-6,4	-4,2
Chimiques	2,4	-1,1
Autres fabrication	5,5	5,4
Construction	-4,6	-4,6
Transports	8,0	9,3
Transports par pipeline	10,0	10,0
Stockage et entreposage	2,7	3,1
Communications	9,6	10,8
Autres services d'utilité publique	3,0	3,0
Commerce de gros	5,0	5,0
Commerce de détail	4,6	6,0
Toutes industries	1,6	1,8
Les sept plus grosses consommatrices d'eau^a	1,3	0,8

Nota : ^a Les industries sont : agriculture, mine, papier, première transformation des métaux, produits raffinés du pétrole et du charbon, chimiques et utilité publique.

Bien que l'introduction de la recirculation d'eau entraîne certains changements au niveau de la branche d'activité, les résultats obtenus pour l'agrégat initial en ce qui concerne l'élasticité des coûts, le progrès technologique, l'élasticité-capital (travail) de l'utilisation de l'eau et la croissance de la productivité multifactorielle ne varient pour ainsi dire pas (voir tableau 4). Nous notons cependant un changement important, à savoir une diminution significative du prix fictif, qui passe de 0,73 \$ par mètre cube à 0,55 \$ par mètre cube. En outre, les estimations du prix fictif pour la majorité des branches d'activité grandes consommatrices d'eau deviennent plus significatives¹¹.

L'effet de la recirculation de l'eau sur la croissance de la productivité multifactorielle présenté au tableau 5 ne modifie pour ainsi dire pas le scénario décrit plus haut d'après les résultats du tableau 3, à savoir que, si la croissance de la productivité multifactorielle pour l'ensemble des branches d'activité ne varie presque pas lorsqu'on tient compte de l'eau, elle augmente significativement pour la plupart de celles qui sont de grosses consommatrices. Dans une certaine mesure, ces résultats font penser que le cadre de mesure adopté pour la présente étude demeure robuste aux divers changements de spécification.

V. Conclusion

Nous spécifions dans le présent article un modèle de la structure de production où les branches d'activité utilisent les intrants conventionnels et prélèvent de l'eau, dont le prix n'est pas établi, pour produire une quantité donnée de biens. La méthode d'estimation couvre une part importante du secteur canadien des entreprises qui inclut les branches d'activité consommatrices d'eau les plus importantes pour les années de référence 1981, 1986, 1991 et 1996.

L'objectif principal du rapport est de comptabiliser le prélèvement d'eau dans la structure de production des entreprises canadiennes et de quantifier l'effet de ce prélèvement sur la productivité. La flexibilité de l'approche adoptée nous permet d'aborder diverses questions liées à l'utilisation de l'eau, à savoir a) les liens technologiques entre le prélèvement d'eau et les intrants conventionnels, b) les économies d'échelle, c) le prix fictif du prélèvement d'eau et d) l'effet de la recirculation de l'eau sur ce prix fictif.

Nous constatons que, si l'on tient compte du prélèvement d'eau dans la structure de production, la croissance de la productivité multifactorielle des branches d'activité consommatrices d'eau les plus importantes augmente de 0,7 point de pourcentage, en moyenne, pour la période allant de 1981 à 1996, mais que celle du secteur agrégé des entreprises ne change pour ainsi dire pas (voir tableau 3). Le prélèvement d'eau est un complément des intrants capital et travail. Le prix fictif du prélèvement d'eau est d'environ 0,73 \$ par mètre cube et varie considérablement selon la branche d'activité.

11. L'intervalle de confiance pour les estimations du prix fictif de 0,55 \$ par mètre cube est 0,48-0,60. Ceci confirme une fois encore le fait que lorsque l'on prend en compte la recirculation, les estimations du prix fictif font l'objet de moins d'incertitude.

Nous observons aussi que la plupart des résultats ne varient pas si l'on tient compte de la recirculation de l'eau, ce qui, dans un certain sens, témoigne de la robustesse de notre cadre analytique. Cependant, si nous nous en tenons à nos résultats antérieurs, la recirculation fait baisser le prix fictif de l'eau pour s'établir à 0,55 \$ par mètre cube. Nous pouvons considérer l'écart entre les deux estimations comme un indice de la disposition des entreprises à payer pour le recyclage de l'eau.

La discussion des dimensions de la consommation d'eau présentée ici est axée sur la façon dont la quantité d'eau utilisée par les branches d'activité est reliée à la conceptualisation et à la mesure de la quantité d'eau utilisée par les branches d'activité sur lesquelles s'appuient les instruments de collecte de données. Malgré les nombreux efforts déployés par la Division des comptes de l'environnement de Statistique Canada pour produire le genre de données sur la consommation d'eau employées pour la présente étude, notre connaissance des caractéristiques particulières de la consommation d'eau présente encore d'importantes lacunes.

Premièrement, les données sont vieilles de presque dix ans. Deuxièmement, il est évident que, souvent, la consommation d'eau est étroitement liée à la qualité de l'eau, au sens de ses propriétés physiques, biologiques et chimiques. Par conséquent, il conviendrait de tenir compte de la qualité de l'eau afin de modéliser et de mesurer la relation entre la quantité d'eau consommée souhaitée et les facteurs économiques. Malheureusement, autant que nous sachions, il n'existe à l'heure actuelle aucune source fournissant des données sur la qualité de l'eau susceptibles d'être incluses dans notre cadre de mesure.

Bibliographie

Diaz, A. et T.M. Harchaoui 1997. « Accounting for Exhaustible Resources in the Canadian System of National Accounts: Flows, Stocks and Productivity Measures ». *Review of Income and Wealth* 43: 465-85.

Dupont, D. et S. Renzetti 1999. “The Role of Water in the Canadian Manufacturing Sector”. pp. 15, Paper Presented at the IWREC Conference, June 1999, Kona, Hawaii.

Gollop, F. and G. Swinand. 2001. “Total Resource Productivity: Accounting for Changing Environmental Quality.’ In *New Directions in Productivity Analysis*. Edited by E. Dean, M. Harper and C. Hulten. Conference on Research in Income and Wealth. NBER.

Harchaoui, T.M. et F. Tarkhani. 2002. « *Une révision complète de la méthode d’estimation de l’intrant capital pour le programme de la productivité multifactorielle de Statistique Canada* » dans Baldwin, J.R. et T.M. Harchaoui (dir.) : *Croissance de la productivité au Canada — 2002*, Statistique Canada, n° 15-204-XPF au catalogue.

Lasserre, P. and P. Ouellette. 1991. “The Measurement of Productivity and Scarcity Rents the Case of Asbestos in Canada”, *Journal of Econometrics* 48: 287-312.

Pearse, P.H., F. Bertrand, et J.W. MacLaren 1985. *Current Change. Final Report. Inquiry on Federal Water Policy*. Ministry of Supply and Services, Ottawa.

Renzetti, S. 1992 “Estimating Structure of Industrial Water Demands: The Case of Canadian Manufacturing,” *Land Economics*, 68, 4, pp. 396-404.

Renzetti, S. et D. Dupont 1995. “An Investigation Into the Design of Economic Instruments to Promote Efficient Industrial Water Use”. 125 p. A Report for Environment Canada’s Economic Instruments Initiatives. Environment Canada, Ottawa.

Renzetti, S. and D. Dupont. 2002. “The Value of Water in Manufacturing”. pp. 32, mimeo, Brock University.

Seckler, D., R. Barker, and U. Amarasinghe. 1999. “Water Scarcity in the Twenty-First Century,” *International Journal of Water Resources Development*, 15 (1/2): 29-42.

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

Statistique Canada 1997b. *Éconnexions : pour lier l’environnement et l’économie, indicateurs et statistiques détaillées*, n° 16-200-XKF au catalogue.

Tate, D.M. et D.N. Scharf 1991. “Water Use in Canadian Industry, 1991” Environment Canada, Social Science Series No. 31.