

La demande d'énergie du secteur commercial québécois The energy demand of the commercial sector in Quebec

Jean-Thomas Bernard, François Lessard and Simon Thivierge

Volume 62, Number 1, mars 1986

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/601357ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/601357ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)

1710-3991 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Bernard, J.-T., Lessard, F. & Thivierge, S. (1986). La demande d'énergie du secteur commercial québécois. *L'Actualité économique*, 62(1), 5–22.
<https://doi.org/10.7202/601357ar>

Article abstract

Few studies are concerned with the energy demand of the Canadian commercial sector. The modeling works in this area at EMR, Canada and at NEB rely on the two-levels approach. At the first level, the energy demand is expressed as function of energy relative price, commercial sector output, and other variables. At the second level, the market shares of energy forms are related to their relative prices. These studies are based on a thermal measure of energy consumption; such a way of measuring energy consumption introduces systematic bias in energy price and income elasticities. Furthermore, no account is taken of the possible relationships between energy and other inputs (capital and labour).

In this paper, we use the approach which has been frequently applied to industrial sector energy demand modeling, i.e., the two-levels KLEM model. The first level deals with the aggregate production function of the commercial sector which emphasizes the relationships among capital, labour and energy. The second level, is concerned with the energy demand by sources only. Thermal measurement of energy consumption is abandoned in favor of real energy expense. The main results are: at the first level, the own price elasticities of inputs shows the signs anticipated on theoretical ground, but are very low, only energy appears to be influenced in some way by prices; at the second level, the signs of own price elasticities of energy forms are in agreement with theoretical expectations. However, they are rather less than unity thus showing limited substitution possibilities.

LA DEMANDE D'ÉNERGIE DU SECTEUR COMMERCIAL QUÉBÉCOIS

Jean-Thomas BERNARD

François LESSARD

Simon THIVIERGE

GREEN

et

Département d'économie

Université Laval

Peu d'études ont comme sujet la demande d'énergie du secteur commercial au Canada. Parmi celles-ci, celles du ministère fédéral de l'Énergie des Mines et des Ressources et de l'Office National de l'Énergie ont utilisé l'approche à deux niveaux. Au premier niveau, la demande d'énergie est modélisée en fonction de son prix relatif, du PIB du secteur commercial et d'autres variables explicatives. Au second niveau, les parts thermiques des formes d'énergie sont reliées à leurs prix relatifs. Ces études se basent sur une mesure de la consommation d'énergie en équivalent thermique, introduisant ainsi un biais systématique au niveau de l'élasticité-prix et de l'élasticité-revenu. De plus, cette structure ignore les relations possibles entre l'énergie et les autres facteurs de production (capital et travail).

Dans le cadre de la présente étude, nous empruntons une approche fréquemment employée lors de la modélisation du secteur industriel : le modèle KLEM à deux niveaux. Au premier niveau, la modélisation de la fonction de production du secteur commercial tient compte des relations possibles entre le capital, le travail et l'énergie. Au second niveau, la modélisation porte uniquement sur la demande des différentes formes d'énergie. De plus, nous abandonnons l'usage de la mesure de l'énergie en équivalent thermique à l'avantage de la mesure non biaisée de la dépense en énergie. Le modèle est appliqué au secteur commercial québécois. Les principaux résultats sont : au premier niveau, les élasticités des inputs à leur propre prix sont de signe anticipé, mais très faibles, seule l'énergie semble être influencée par le prix des facteurs de production. Au second niveau, les élasticités des formes d'énergie à leur propre prix sont de signe attendu mais également inférieures à l'unité. La substitution entre les formes d'énergie prédomine.

The energy demand of the commercial sector in Quebec. — Few studies are concerned with the energy demand of the canadian commercial sector. The modeling works in this area at EMR, Canada and at NEB rely on the two-levels approach. At the

first level, the energy demand is expressed as function of energy relative price, commercial sector output, and other variables. At the second level, the market shares of energy forms are related to their relative prices. These studies are based on a thermal measure of energy consumption; such a way of measuring energy consumption introduces systematic bias in energy price and income elasticities. Furthermore, no account is taken of the possible relationships between energy and other inputs (capital and labour).

In this paper, we use the approach which has been frequently applied to industrial sector energy demand modeling, i.e., the two-levels KLEM model. The first level deals with the aggregate production function of the commercial sector which emphasizes the relationships among capital, labour and energy. The second level, is concerned with the energy demand by sources only. Thermal measurement of energy consumption is abandoned in favor of real energy expense. The main results are: at the first level, the own price elasticities of inputs shows the signs anticipated on theoretical ground, but are very low, only energy appears to be influenced in some way by prices; at the second level, the signs of own price elasticities of energy forms are in agreement with theoretical expectations. However, they are rather less than unity thus showing limited substitution possibilities.

Introduction

Même si le secteur commercial québécois était responsable de 16,7% de la consommation totale d'énergie au Québec en 1983¹, peu d'études ont eu pour sujet la demande d'énergie de ce secteur; par contre, les secteurs résidentiel, industriel et des transports ont été l'objet de multiples analyses². Ce manque d'intérêt pour le secteur commercial peut être attribué à deux facteurs en particulier: d'abord, à l'hétérogénéité du secteur lui-même qui, selon la classification des activités économiques³, comprend les groupes suivants: commerce de gros et de détail (division 8), finances, assurances et affaires immobilières (division 9), services socio-culturels, commerciaux et personnels (division 10) et finalement, administration publique et défense (division 11). Ensuite, l'information sur la consommation énergétique de ce secteur est imprécise: les frontières entre le résidentiel et le commercial d'une part et entre le commercial et l'industriel d'autre part ne sont pas toujours nettes⁴.

Malgré ces difficultés, deux études antérieures ont porté, en partie tout au moins, sur l'analyse de la demande d'énergie du secteur commer-

1. Cette proportion avait été de 17,7% en 1970. Pour le Canada, ce pourcentage était de 19,7% en 1983 après avoir été de 20% en 1970. Voir ministère de l'énergie et des ressources, Québec (1984) et Énergie, Mines et Ressources, Canada (1985).

2. Voir Ziembra et Schwartz (1980) pour le Canada et Bohi (1981) pour les États-Unis.

3. Voir Bureau de la Statistique du Québec (1978).

4. Ce manque de précision tient au fait que les enquêtes sur la consommation d'énergie sont effectuées auprès des vendeurs et non auprès des consommateurs eux-mêmes.

cial québécois : Sahi et Erdmann (1980) et Preece, Harsanyi et Webster (1980)⁵. Ces deux études utilisent une structure de modèle à deux niveaux : au niveau agrégé, la consommation totale d'énergie, mesurée en équivalents thermiques, est exprimée en fonction du prix relatif de l'énergie, du niveau d'activité économique et d'autres variables jugées appropriées ; au niveau désagrégé, les parts de marché de chaque source d'énergie (électricité, pétrole et gaz naturel) varient en fonction des prix relatifs de ces sources d'énergie et d'autres variables. Le prix agrégé de l'énergie forme le lien entre les deux niveaux puisque les pondérations de cet indice de prix sont déterminées au niveau désagrégé.

Nous utilisons cette structure à deux niveaux en lui apportant deux modifications : premièrement, au niveau agrégé, la demande d'énergie et les demandes des services du capital et du travail sont obtenues simultanément à partir d'une fonction de coût de type translog, pour l'ensemble du secteur commercial de manière à tenir compte des effets de substitution ou de complémentarité entre ces facteurs de production. Deuxièmement, le prix de l'énergie apparaissant au niveau agrégé est assimilé à une fonction du coût unitaire de l'énergie, également de type translog. Cette formulation à deux niveaux, empruntée aux travaux novateurs de Fuss (1977) sur le secteur manufacturier canadien, nous amène à l'estimation d'équations de parts de dépense pour les sources d'énergie et non de parts de marché en équivalents thermiques comme dans les deux études précitées.

Les principales conclusions tirées de l'estimation du modèle se résument ainsi : à l'exception de l'énergie, les élasticités-prix (effets de substitution seulement) des facteurs de production au niveau agrégé sont faibles et non différentes de zéro sur le plan statistique. Seule l'énergie semble être influencée par les prix des facteurs de production. Au niveau désagrégé, le pétrole et l'électricité sont des substituts alors que le prix du gaz naturel semble avoir peu d'effet sur les sources d'énergie.

Voici l'ordre de la présentation : dans la première section, nous passerons brièvement en revue les principaux résultats apparaissant dans les deux études citées antérieurement et nous soulignerons quelques problèmes communs. Dans la seconde section, nous formulerons le modèle de demande à deux niveaux : agrégé (capital, travail et énergie) et désagrégé par source d'énergie (électricité, pétrole et gaz naturel). La descrip-

5. L'étude de Sahi et Erdmann (1980), rapporte les travaux réalisés au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Canada, sur la modélisation de la demande d'énergie au Canada ; elle fut mise à jour en 1985. Voir Energy, Mines, and Resources Canada (printemps 1985). L'étude de Preece, Harsanyi et Webster (1980) rapporte les travaux de l'Office National de l'Énergie et elle a été mise à jour en 1985. Voir National Energy Board (juillet 1985). Seuls les résultats les plus récents de ces deux études sont discutés ultérieurement.

tion de l'information (prix et quantités) requise pour l'estimation du modèle apparaît à la section trois et elle est suivie de la présentation des résultats.

1 — LES ÉTUDES ANTÉRIEURES

Les modèles⁶ de demande d'énergie du secteur commercial de E.M.R. Canada et de l'O.N.E. possèdent une structure commune où la quantité totale d'énergie, mesurée en joules utiles, est déterminée par son prix relatif et par le niveau de revenu du secteur. Cette quantité est ensuite répartie entre les différentes sources d'énergie selon les prix relatifs de ces sources. Ces parts de marché en joules utiles servent à former l'indice du prix de l'énergie. La présence des variables endogènes retardées dans ces deux modèles permet aux ajustements dynamiques de se manifester.

Le tableau 1 présente un résumé des élasticités-prix et revenu de court et long terme de la demande totale d'énergie, de même que des élasticités-prix de long terme par source d'énergie (*el* = électricité, *p* = pétrole et *g* = gaz naturel). Pour la demande totale d'énergie (partie a), ces deux études ont obtenu des élasticités-prix inférieures à l'unité à court terme et à long terme et des élasticités-revenu inférieures à l'unité à court terme

TABLEAU 1
ÉLASTICITÉS PRIX ET REVENU : ÉTUDES ANTÉRIEURES

a) Quantité totale d'énergie				
	Élasticités-prix		Élasticités-revenu	
	C.T.	L.T.	C.T.	L.T.
1	-0,085	-0,294	0,254	0,879
2	-0,206	-0,446	0,536	1,17

b) Sources d'énergie : élasticités-prix de long terme				
	prix \ quantité	<i>el</i>	<i>p</i>	<i>g</i>
		1	P_{el}	-0,453
	P_p	0,256	-1,440	0,911
	P_g	0,012	0,179	-0,465
2	P_{el}	-0,604	0,007	-0,052
	P_p	0,052	-1,017	0,212
	P_g	0,106	0,564	-0,606

Note: 1 = E.M.R. Canada (printemps 1985)

2 = N.E.B. (juillet 1985)

C.T. = court terme

L.T. = long terme

6. *Idem.*

mais près de l'unité à long terme. Même si les élasticités-prix de la demande totale d'énergie sont relativement faibles, il n'en est pas ainsi pour les élasticités-prix des sources d'énergie à long terme (partie b). Le prix du pétrole semble être la variable prix qui exerce l'influence la plus marquée sur chacune des sources d'énergie. Si nous omettons l'élasticité négative du gaz naturel par rapport au prix de l'électricité, dans l'étude de l'O.N.E., la relation de substitution domine entre les sources d'énergie. Exception faite de l'élasticité du gaz naturel au prix du pétrole, cette relation de substitution demeure limitée.

L'approche utilisée par E.M.R. Canada et par l'O.N.E. dans la formulation de leur modèle de demande d'énergie n'est pas sans soulever des problèmes. Nous allons en souligner deux en particulier : la mesure de la consommation agrégée d'énergie et les facteurs de production autres que l'énergie.

La consommation agrégée d'énergie est mesurée à partir d'équivalents thermique et cette méthode d'agrégation présuppose que toutes les sources d'énergie peuvent se substituer à taux constants déterminés par leurs contenus calorifiques utiles. La théorie économique suggère la formation d'agrégats à partir des prix relatifs pour capturer le comportement de minimisation de coût des agents économiques, lorsque ce comportement existe. Bernard et Cauchon (1985) ont comparé deux indices de consommation d'énergie du secteur commercial québécois pour les années 1963 à 1983 : le premier indice se base sur les équivalents thermiques et l'autre sur les parts de la dépense en énergie⁷. Il peut être observé que l'indice thermique de la consommation d'énergie incorpore un biais significatif à la baisse par rapport à celui construit avec les parts de la dépense pour la période 71-83 : en effet, ces deux indices diffèrent par plus de 20% en 1983. Ce biais à la baisse est causé par l'augmentation du prix du pétrole relativement à celui de l'électricité. Un biais de cette nature entraîne une surestimation de l'élasticité-prix de la demande d'énergie puisque cette période a connu une forte progression du prix relatif de l'énergie.

L'autre problème tient au fait que les modèles de E.M.R. Canada et de l'O.N.E. ne portent que sur la demande d'énergie, et qu'ainsi ils négligent les autres facteurs contribuant à la production, comme les services du travail et du capital. Certaines hypothèses restrictives doivent être imposées quant à la nature de la fonction de production pour que cette approche demeure conforme à la théorie économique de la production. À la lumière du débat entourant le degré de complémentarité ou de

7. Bernard et Cauchon (1985) utilisent un indice Tornqvist de la consommation d'énergie.

substitution entre les facteurs de production dans l'économie⁸, il est préférable de faire appel à des modèles de demande de facteurs qui n'incorporent pas initialement de telles restrictions.

Compte tenu de ces deux problèmes, notre objectif est maintenant de présenter un modèle de demande d'énergie du secteur commercial québécois où chacune des deux difficultés sera considérée explicitement.

2. LE MODÈLE DE DEMANDE

Le modèle proposé comporte deux niveaux : à un premier niveau d'agrégation, les producteurs choisissent les quantités de capital, travail et énergie, de manière à fournir au moindre coût un niveau de production donné, en tenant compte des prix relatifs de ces facteurs. À un deuxième niveau, le prix de l'énergie est lui-même établi à partir d'une fonction de coût unitaire de l'énergie. C'est cette fonction de coût qui est utilisée pour obtenir le prix agrégé de l'énergie apparaissant au premier niveau. Ainsi, ce prix agrégé forme le lien entre les deux niveaux. La fonction de demande des facteurs de production de chacun des niveaux s'obtient suite à l'application du lemme de Shephard à la fonction de coût du niveau considéré.

2.1 *Les parts de K, L, et E*

L'absence d'une mesure adéquate des matériaux (M) autres que l'énergie, nous contraint à formuler une fonction de production pour le secteur commercial exprimée uniquement en termes des services du capital (K), du travail (L) et de l'énergie (E). Implicitement, nous posons l'hypothèse que la fonction de production est séparable au sens faible en deux agrégats :

$$Y = G[F(K,L,E), H(M)] \quad (3.1)$$

Il est alors possible d'analyser la fonction de production

$$Q = F(K,L,E) \quad (3.2)$$

sans connaître directement les rôles joués par Y et M . C'est cette dernière fonction qui est le sujet de cette étude.

Malheureusement, la variable Q , représentant la contribution conjointe du capital, du travail et de l'énergie au niveau de production brute Y , ne peut être observée. Cette difficulté nous amène à poser que la fonction de production $F(K,L,E)$ est linéaire homogène, en plus d'être quasi-concave et croissante en ses arguments. Associée à cette fonction de production, il existe, par dualité, une fonction de coût total qui est linéaire

8. Voir Berndt et Field (1981).

homogène et concave par rapport aux prix des facteurs et aussi croissante par rapport au niveau de production⁹:

$$C_Q = C_Q^*(P_K, P_L, P_E) \cdot Q \quad (3.3)$$

où P_i est le prix du facteur de production $i = K, L, E$

La fonction translog peut fournir une approximation exacte jusqu'à l'ordre deux de toute fonction dont les dérivées secondes existent et elle est utilisée comme forme fonctionnelle explicite pour représenter (3.3):

$$\ln C_Q = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j B_{ij} \ln P_i \ln P_j + \ln Q \quad (3.4)$$

où $i, j = K, L, E$

L'application du lemme de Shephard à la fonction de coût (3.4) permet d'obtenir la part S_i du coût total attribuée au facteur de production i :

$$S_i = \alpha_i + \sum_j B_{ij} \ln P_j \quad (3.5)$$

où $i, j = K, L, E$.

De manière à assurer que les conditions d'agrégation, d'homogénéité et de symétrie soient satisfaites, certaines restrictions sont imposées aux paramètres apparaissant dans les équations de part (3.5)

$$\begin{aligned} \sum_i \alpha_i &= 1, \sum_i B_{ij} = 0 \\ B_{ij} &= B_{ji} \\ i, j &= K, L, E \end{aligned} \quad (3.6)$$

2.2 Les parts de e , p et g

Le prix agrégé de l'énergie P_E , un argument de la fonction de coût (3.3), est obtenu d'une fonction de coût unitaire de production de l'énergie. En plus des prix de l'électricité, des produits pétroliers et du gaz naturel, cette fonction de coût unitaire de l'énergie dépend de deux autres variables: premièrement, la capacité du réseau de distribution du gaz naturel (VCG)¹⁰, pour tenir compte de la possibilité d'un effet de rationnement imposé par la disponibilité partielle de cette source d'énergie et deuxièmement, la température (DJ) pour capturer l'importance relative des sources d'énergie servant au chauffage des locaux. La fonction translog est également utilisée pour fournir une approximation du second ordre de cette fonction de coût unitaire qui présuppose des rendements d'échelle constants dans la production de l'énergie:

9. Diewert (1981).

10. De 1962 à 1983, la capacité du réseau de distribution du gaz naturel a augmenté d'environ 50%.

$$\begin{aligned}
\ell n P_E = & a_0 + \sum_i a_i \ell n P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j b_{ij} \ell n P_i \ell n P_j \\
& + \sum_i b_{ci} \ell n VCG \ell n P_i + \sum_i b_{di} \ell n DJ \ell n P_i \\
& + b_{cd} \ell n VCG \ell n DJ + a_c \ell n VCG + \frac{1}{2} b_{cc} (\ell n VCG)^2 \\
& + a_d \ell n DJ + \frac{1}{2} b_{dd} (\ell n DJ)^2
\end{aligned} \tag{3.7}$$

$$i, j = el, p, g$$

L'application du lemme de Shephard permet d'obtenir les équations de part des différentes sources d'énergie :

$$\begin{aligned}
S_i = & a_i + \sum_j b_{ij} \ell n P_j + b_{ci} \ell n VCG + b_{di} \ell n DJ \\
i, j = & el, p, g
\end{aligned} \tag{3.8}$$

Pour assurer que ces équations respectent les conditions d'agrégation, d'homogénéité et de symétrie issues de la théorie économique de la production, les paramètres doivent satisfaire les conditions suivantes :

$$\begin{aligned}
\sum_i a_i = 1, \sum_i b_{ij} = \sum_i b_{ci} = \sum_i b_{di} = 0 \\
b_{ij} = b_{ji} \\
i, j = el, p, g
\end{aligned} \tag{3.9}$$

Une fois que les valeurs des paramètres des fonctions de coût (3.4) et (3.7) sont connues, il est simple de calculer les élasticités-prix des demandes des facteurs de production aux deux niveaux d'agrégation¹¹.

Il faut noter qu'aucune des fonctions de coût (3.4) et (3.7) n'admet la possibilité de changements technologiques neutres ou non neutres.

3. LES INFORMATIONS STATISTIQUES

Notre objectif à ce stade-ci n'est pas de décrire de façon exhaustive la confection des données statistiques requises pour l'estimation du modèle de demande présenté à la section précédente, mais plutôt d'indiquer sommairement les principes généraux suivis à cet égard et de décrire l'évolution des principales variables¹².

3.1 *Capital, travail et énergie*

Un prix du capital a été calculé selon la notion théorique du coût d'usage¹³ pour chacune des quatre divisions du secteur commercial¹⁴. À

11. Voir Fuss (1977).

12. L'appendice statistique est disponible auprès des auteurs.

13. Voir Boadway (1980). F. Lessard (1985) a rendu opérationnel le concept du coût d'usage du capital pour le secteur commercial québécois.

14. A savoir i) le commerce de gros et de détail, ii) finances, assurances et affaires immobilières, iii) services sociaux-culturels, commerciaux et personnels et iv) administration publique et défense.

partir d'un indice Tornqvist, on agrège ces prix afin d'obtenir le prix du capital du secteur commercial. La somme des valeurs des stocks nets de capital en dollars constants représente la quantité de capital. Puisqu'il n'existe pas de bonne mesure du taux de salaire horaire moyen pour le secteur commercial¹⁵, la dépense, le prix et la quantité du travail ont été calculés de manière résiduelle à partir du produit intérieur brut du secteur commercial, de l'indice implicite des prix de ce PIB, et de la dépense et du prix du capital. Le prix agrégé de l'énergie, qui est une variable endogène c'est-à-dire déterminée par le choix des producteurs, est le résultat de l'estimation de la fonction de coût (3.7). La dépense en dollars constants, établie en fonction de cet indice du prix de l'énergie, est la mesure de la quantité agrégée d'énergie.

Comme il fut indiqué à la section 2, la fonction de production du secteur commercial, considérée dans cette étude, porte sur la contribution des services du capital, du travail et de l'énergie, de sorte que ni la valeur ajoutée ni la valeur des expéditions ne forment un indicateur approprié de la production. Pour cette fin, nous avons utilisé un indice Tornqvist des quantités de capital, de travail et de l'énergie. Cet indice peut être considéré comme une approximation en temps discret de l'indice Divisia. C.R. Hulten (1973) a démontré que l'indice Divisia est exact si la fonction de production est linéaire homogène et quasi-concave et si les agents économiques minimisent les coûts.

Le tableau 2 montre l'évolution des prix, des quantités et des parts de la dépense pour le capital (K), le travail (L) et l'énergie (E) au cours de la période 65 à 83. Les taux annuels moyens de croissance sont également présentés pour deux sous-périodes : 65 à 71 et 71 à 83. Il peut être observé que le prix de l'énergie est demeuré presque stable au cours de la première sous-période pour connaître une progression rapide durant la seconde. Les changements des quantités semblent correspondre aux changements de prix observés. Les trois dernières colonnes indiquent que le facteur travail est responsable d'environ 80% des dépenses du secteur commercial.

3.2 *Électricité, produits pétroliers et gaz naturel*

La variable prix des produits pétroliers correspond à la moyenne des prix de l'huile légère, de l'huile lourde, du kérozène et du diésel pondérés par leurs consommations respectives. Les prix de l'électricité et du gaz naturel ont été obtenus à partir des recettes tirées des ventes et des quantités correspondantes. Il faut noter que certaines formes d'énergie ont été ignorées à cause de leur contribution mineure. Il s'agit du charbon et du gaz de pétrole liquéfié.

15. Principalement à cause de l'absence d'une telle mesure dans le secteur gouvernemental. Voir Roy (1982).

TABLEAU 2
FACTEURS DE PRODUCTION AGRÉGÉS

Année	Prix			Quantité			Part de la dépense		
	K	L (1971 = 1,00)	E	K	L (1971 = 1,00)	E	K	L (%)	E
1965	0,88	0,75	1,08	0,71	0,71	0,62	16,7	80,4	2,9
1966	0,93	0,80	1,11	0,77	0,74	0,70	17,2	79,8	3,0
1967	0,92	0,85	1,05	0,83	0,79	0,79	16,1	81,1	2,8
1968	0,93	0,88	1,02	0,87	0,83	0,89	15,9	81,2	2,9
1969	0,93	0,93	0,97	0,91	0,89	0,94	15,0	82,4	2,6
1970	0,93	0,97	0,98	0,95	0,94	1,00	14,2	83,2	2,6
1971	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	14,6	83,0	2,4
1972	1,11	1,06	1,00	1,06	1,05	1,24	15,3	82,1	2,7
1973	1,46	1,08	1,10	1,12	1,13	1,28	18,6	78,8	2,6
1974	2,02	1,10	1,24	1,19	1,26	1,37	22,8	74,5	2,7
1975	1,97	1,38	1,41	1,28	1,22	1,31	20,4	77,1	2,5
1976	1,91	1,65	1,60	1,37	1,29	1,60	17,3	79,9	2,8
1977	2,15	1,69	1,80	1,43	1,33	1,51	18,9	78,4	2,7
1978	2,53	1,81	2,13	1,47	1,37	1,51	20,4	76,7	2,9
1979	2,88	1,85	2,46	1,51	1,46	1,44	21,4	75,7	2,9
1980	2,97	2,19	2,89	1,54	1,42	1,49	20,0	76,9	3,1
1981	2,98	2,58	3,43	1,57	1,42	1,45	17,8	79,1	3,1
1982	3,07	2,88	4,09	1,58	1,38	1,40	17,2	79,5	3,3
1983	2,62	3,17	4,46	1,59	1,42	1,41	13,6	83,1	3,3
Taux de croissance annuel moyen %	\$			Q			Part de marché		
	K	L	E	K	L	E	K	L	E
65-71	2,1	4,8	-1,3	5,7	5,7	8,0	-2,2	0,5	-3,2
71-83	8,0	9,6	12,5	3,9	2,9	2,9	-0,6	0,0	2,7

SOURCE: Appendice statistique disponible auprès des auteurs.

Le tableau 3 contient les informations sur l'évolution des prix, des quantités et des parts de dépense pour les trois sources d'énergie retenues pour la période 60 à 84. Il peut être noté que le prix de l'électricité a diminué de 60 à 72; ce mouvement à la baisse a été suivi par le prix du gaz naturel mais non par celui du pétrole qui est demeuré presque stationnaire de 60 à 70. Depuis 71, les prix des sources d'énergie ont tous augmenté selon l'ordre croissant suivant: électricité, gaz naturel et pétrole. Les bas prix de l'énergie des années soixante ont entraîné des hausses considérables de la consommation de ces produits; depuis 1970, c'est un renversement complet et il y a même une diminution de la consommation du pétrole. Les trois dernières colonnes indiquent que l'électricité constitue la source d'énergie dominante dans ce secteur.

Dans le cadre du modèle proposé à la section 2, notre objectif est maintenant de vérifier si les changements observés des quantités demandées des facteurs décrits ci-haut, peuvent être expliqués à partir des changements des prix relatifs, du niveau d'activité et d'autres variables comme la température et l'extension du réseau de distribution du gaz naturel.

4 — LES RÉSULTATS

Avant de présenter les résultats comme tels, nous discuterons de certains problèmes reliés à l'estimation du modèle élaboré à la section 2. Pour compléter le modèle, il faut ajouter un terme d'erreur aux équations de coûts et à chacune des équations de parts. Nous avons procédé à l'estimation de chacun des deux modèles de façon séparée: le modèle désagrégé a d'abord été estimé et le coût unitaire de l'énergie ainsi calculé, $\ln \hat{P}_E$, a été utilisé comme instrument pour $\ln P_E$ dans le modèle agrégé. La récursivité du modèle nous assure que les estimations du modèle agrégé convergent en probabilité puisque la forme structurelle du modèle désagrégé correspond aussi à la forme réduite¹⁶.

Le fait que la somme des parts est toujours identique à un implique que la somme des termes d'erreur correspondante est nulle et que la matrice de variance-covariance est singulière. Cette difficulté est contournée en laissant tomber une équation, ici celle du gaz naturel, pour le modèle désagrégé et celle de l'énergie pour le modèle agrégé, et en ayant recours à une méthode d'estimation qui assure que les estimateurs sont invariants selon le choix de l'équation omise¹⁷. Les estimés des paramètres ainsi omis peuvent être récupérés à partir des restrictions (3.6) et (3.9).

16. Si les termes d'erreurs des deux modèles étaient indépendants, cette procédure d'estimation assurerait également que les estimateurs sont efficaces. Cette perte d'efficacité vient du fait que l'interdépendance entre les deux modèles n'est pas prise en considération. Voir Fuss (1977) et Brundy and Jorgenson (1974).

17. La méthode itérative de Zellner, qui est utilisée ici, a cette propriété.

TABLEAU 3
CONSOMMATION D'ÉNERGIE DU SECTEUR COMMERCIAL

Année	Prix			Quantité			Part de la dépense		
	<i>el</i>	<i>p</i> (1971 = 1,00)	<i>g</i>	<i>el</i>	<i>p</i> (1971 = 1,00)	<i>g</i>	<i>el</i>	<i>p</i> (%)	<i>g</i>
1960	1,38	0,91	1,15	0,29	0,25	0,19	75,3	22,2	2,5
1961	1,22	0,85	1,12	0,33	0,26	0,24	75,9	21,1	3,0
1962	1,21	0,86	1,10	0,39	0,33	0,25	74,3	23,1	2,6
1963	1,24	0,89	1,10	0,51	0,36	0,28	77,4	20,3	2,3
1964	1,23	0,80	1,10	0,56	0,50	0,33	75,6	22,1	2,3
1965	1,21	0,82	1,12	0,65	0,60	0,38	74,1	23,6	2,3
1966	1,23	0,88	1,11	0,74	0,62	0,43	74,7	23,1	2,2
1967	1,14	0,87	0,95	0,79	0,81	0,68	69,2	28,0	2,8
1968	1,09	0,87	1,05	0,86	0,97	0,76	66,2	30,6	3,2
1969	1,03	0,84	0,97	0,92	0,97	0,87	66,9	29,7	3,4
1970	1,05	0,86	0,97	0,99	1,03	0,95	67,1	29,5	3,4
1971	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	63,6	32,8	3,6
1972	0,97	1,09	1,04	1,34	1,06	1,08	66,4	30,3	3,3
1973	1,01	1,34	1,02	1,45	0,98	1,30	66,0	30,6	3,4
1974	1,03	1,90	1,12	1,64	0,94	1,47	62,5	34,0	3,5
1975	1,12	2,29	1,37	1,67	0,78	1,69	64,2	31,3	4,5
1976	1,20	2,75	1,80	1,91	1,06	1,99	57,3	37,6	5,1
1977	1,34	3,25	2,06	1,98	0,86	1,97	61,4	33,3	5,3
1978	1,58	3,80	2,38	1,92	0,88	2,23	60,0	33,9	6,1
1979	1,84	4,46	2,64	1,97	0,73	2,34	64,2	29,5	6,3
1980	2,14	5,26	2,93	2,03	0,74	2,48	64,2	29,6	6,2
1981	2,33	7,66	3,57	2,09	0,63	2,61	61,6	31,6	6,8
1982	2,74	9,02	4,47	2,12	0,53	3,10	63,9	27,2	8,9
1983	2,95	10,07	4,60	2,14	0,48	3,77	64,3	25,4	10,3
1984	3,03	11,37	4,79	2,15	0,41	4,47	64,0	23,8	12,2
Taux de croissance annuel moyen		\$			Q			Part de la dépense	
%	<i>el</i>	<i>p</i>	<i>g</i>	<i>el</i>	<i>p</i>	<i>g</i>	<i>el</i>	<i>p</i>	<i>g</i>
60-71	-2,9	0,9	-1,3	11,3	12,6	15,1	-1,5	3,5	3,3
71-84	8,5	18,7	12,1	5,9	-6,9	11,5	0,0	-2,5	9,4

SOURCE: Appendice statistique disponible auprès des auteurs.

Finalement, il faut noter que le prix de l'énergie de l'équation de coût (3.7) ne peut pas être observé directement. Un indice Tornqvist des prix des sources d'énergie a été utilisé comme approximation. Cette approximation est rendue nécessaire par la présence de paramètres apparaissant dans la fonction de coût unitaire de l'énergie (3.7) mais non dans les équations de parts (3.8).

Puisque le modèle désagrégé constitue le premier bloc de l'ensemble du modèle, les résultats qui s'y rapportent sont présentés en premier lieu.

4.1 — *Le niveau désagrégé: énergie*

Les résultats de l'estimation simultanée de la fonction de coût unitaire de l'énergie (3.7) et des équations de part (3.8), en tenant compte des restrictions (3.9), apparaissent au tableau 4. Il peut être observé que neuf coefficients estimés sur quinze ont des statistiques « t » supérieures à 1,80 en valeur absolue et que le modèle reproduit assez bien les données historiques selon le critère de la somme des carrés des résidus. Les coefficients des variables représentant la capacité du réseau de distribution de gaz naturel (*c*) et la température (*d*) sont globalement significatifs et par conséquent l'inclusion de ces variables est requise dans le modèle énergétique. Les statistiques Durbin-Watson reliées à chacune des équations estimées sont peu élevées, indiquant probablement une spécification incomplète, en particulier, en ce qui a trait à l'ajustement dynamique¹⁸.

Le tableau 5 fournit l'estimation des élasticités-prix évaluée à la moyenne des données statistiques pour un même niveau agrégé d'énergie. Les éléments de la diagonale principale sont tous négatifs en accord avec les attentes théoriques; l'élasticité-prix du gaz naturel n'est cependant pas significativement différente de zéro. Le pétrole et l'électricité d'une part et le pétrole et le gaz naturel d'autre part sont des substituts.

4.2 — *Le niveau agrégé: K, L, E*

Le tableau 6 rapporte les résultats de l'estimation simultanée de l'équation de coût (3.4) et des parts de dépense (3.5) en incorporant les restrictions (3.6). Ces résultats sont satisfaisants sur le plan statistique puisqu'un seul coefficient n'est pas significativement différent de zéro. Encore une fois, les statistiques Durbin-Watson sont peu élevées indiquant une difficulté dans la formulation du modèle.

18. Ce problème semble commun à l'estimation des modèles de type translog où l'ajustement est présupposé être instantané.

TABLEAU 4
 SECTEUR COMMERCIAL QUÉBÉCOIS — ESTIMATION DU MODÈLE *ELPG*
 1960-1984

Symbole du coefficient	Coefficient estimé	Statistique « t »	
a_0	0,002	0,59	
a_e	0,662	89,83	
a_p	0,302	31,69	
b_{eg}	-0,034	-1,84	
b_{ep}	-0,004	-0,17	
b_{gp}	0,018	1,31	
a_c	-0,047	-1,02	
b_{cc}	-1,512	-2,32	
b_{ce}	-0,305	-3,10	
b_{cp}	0,236	1,85	
a_d	-0,079	-1,38	
b_{dd}	0,893	0,38	
b_{de}	-0,314	-2,88	
b_{dp}	0,338	2,40	
b_{dc}	-1,732	-2,00	
Équation	SSR	SER	D.W.
$\ln P_E$	$0,959 \times 10^{-3}$	$0,619 \times 10^{-2}$	1,02
S_{el}	$0,231 \times 10^{-1}$	$0,304 \times 10^{-1}$	1,05
S_p	$0,392 \times 10^{-1}$	$0,396 \times 10^{-1}$	0,70

NOTE: SSR = somme des carrés des résidus
 SER = écart-type de la régression
 D.W. = statistique Durbin-Watson

Les élasticités-prix calculées à la moyenne des données pour un niveau de production constant sont présentées au tableau 7. Même si les éléments de la diagonale principale sont tous négatifs, les valeurs absolues sont faibles et uniquement l'énergie a une élasticité-prix qui est significativement différente de zéro. Seule l'énergie semble être influencée par les prix des facteurs agrégés de production.

CONCLUSION

L'objectif visé dans cette recherche était de formuler et d'estimer un modèle de demande d'énergie pour le secteur commercial québécois.

TABLEAU 5
ÉLASTICITÉ DE L'ÉLECTRICITÉ (*EL*), DES PRODUITS PÉTROLIERS (*P*) ET DU
GAZ NATUREL (*G*), À ÉNERGIE CONSTANTE ET À LA MOYENNE DES DONNÉES.
SECTEUR COMMERCIAL QUÉBÉCOIS 1960-84

quantité \ prix	Élasticités de		
	<i>el</i>	<i>p</i>	<i>g</i>
P_{el}	-0,290 (-9,14)	0,640 (8,47)	0,002 (0,007)
P_p	0,290 (8,47)	-0,752 (-7,73)	0,640 (2,43)
P_g	0,000 (0,007)	0,112 (2,43)	-0,642 (-1,24)

Les nombres entre parenthèses sont les statistiques «t» des élasticités estimées.

TABLEAU 6
SECTEUR COMMERCIAL QUÉBÉCOIS — ESTIMATION DU MODÈLE *KLE*,
1965-1983

Symbole du coefficient	Coefficient estimé	Statistique «t»	
α_0	16,166	7424,1	
α_K	0,153	83,7	
α_L	0,821	379,8	
B_{KL}	-0,137	-19,8	
B_{KE}	-0,001	-0,8	
B_{LE}	-0,011	-5,0	
Équation	SSR	SER	D-W
$\ln C_p$	$0,149 \times 10^{-2}$	$0,885 \times 10^{-2}$	0,86
S_K	$0,640 \times 10^{-3}$	$0,580 \times 10^{-2}$	0,36
S_L	$0,890 \times 10^{-3}$	$0,684 \times 10^{-2}$	0,34

NOTE: SSR = somme des carrés des résidus
SER = écart-type de la régression
D-W = statistique de Dubin-Watson

TABLEAU 7
ÉLASTICITÉS DU CAPITAL (K), DU TRAVAIL (L) ET DE L'ÉNERGIE (E) À LA
MOYENNE DES DONNÉES. SECTEUR COMMERCIAL QUÉBÉCOIS.

quantité \ prix	Élasticités de		
	K	L	E
P_K	-0,040 (-1,17)	0,004 (0,44)	0,138 (2,75)
P_L	0,017 (0,44)	-0,018 (-1,75)	0,401 (5,10)
P_E	0,022 (2,75)	0,015 (5,10)	-0,538 (-10,00)

Les nombres entre parenthèses sont les statistiques « t » des élasticités estimées.

Deux études réalisées respectivement par E.M.R. Canada et par l'O.N.E. ont servi de point de départ, et une approche à deux niveaux, respectant les conditions d'équilibre de la théorie économique de la production et des coûts, a été adoptée. En particulier, cette reformulation nous a amenés à exprimer simultanément la quantité demandée d'énergie, mesurée en dollars constants, et les autres facteurs de production.

La demande agrégée d'énergie présente une élasticité-prix inférieure à l'unité et cette dernière est près des élasticités à long terme obtenues dans les études antérieures. La substitution entre les formes d'énergie est facile à réaliser dans le cas de l'électricité et du pétrole; par contre, ce degré de substituabilité est plus faible entre les autres formes d'énergie.

Même si la formulation du modèle adoptée ici est respectueuse des conditions d'équilibre de la théorie économique de la production et que les résultats empiriques obtenus supportent une telle formulation, ce modèle demeure d'expression statique. L'analyse des résidus semble indiquer qu'une reformulation dynamique pourrait améliorer ces résultats.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD, J.T. et P. CAUCHON, « Thermal and Economic Measures of Energy Use: Differences and Implications », forthcoming in *The Energy Journal*, 1987.
- BERNDT, E.R. et B.C. FIELD (éd.) *Modeling and Measuring Natural Resource Substitution*, The MIT Press, Cambridge, Mass. 1981.
- BOADWAY, R., « Corporate taxation and investment: a synthesis of the neo-classical theory », *Revue canadienne d'économique*, vol. XIII, 1980, pp. 250-267.
- BOHI, D.R., *Analyzing Demand Behavior: A Study of Energy Elasticities*, Resources for the Future Inc., John Hopkins: University Press, Baltimore, 1981.
- BRUNDY, J.M. et D.W. JORGENSON, « Consistent and Efficient Estimation of Systems of Simultaneous Equation by Means of Instrumental Variables », pp. 215-244 in P. Zarembka (éd.) *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, New York, 1974.
- Bureau de la Statistique du Québec, *Classification des activités économiques du Québec*, Québec, 1978.
- DIEWERT, W.E. « Duality Approaches to Microeconomic Theory », dans K.J. Arrow *et al.* (éd.), *Handbook of Mathematical economics*, vol. II, North-Holland Publishing Co., Hollande, 1981.
- Energy, Mines, and Resources Canada, Energy Strategy Branch, Market Analysis and Statistics Division, *Interfuel Substitution Demand Model*, Version: printemps 1985.
- FUSS, M.A., « The Demand for Energy in Canadian Manufacturing: an Example of the Estimation of Production Structures with Many Inputs », *Journal of Econometrics*, vol. 5, n° 1, janvier 1977, pp. 89-116.
- HULTEN, C.R., « Divisia Index Numbers », *Econometrica*, vol. 41, n° 6, novembre 1973, p. 1017-1026.
- LESSARD, F., *La demande d'énergie dans le secteur commercial au Québec*, Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec, 1985.
- Ministère de l'énergie et des ressources, Québec, *Les statistiques de l'énergie au Québec 1983*, Québec, 1984.
- National Energy Board, Economics Branch, Demand Forecasts, *Energy Demand Model*, Version: juillet 1985.
- PREECE, R.A. *et al.*, « The Energy Demand Forecasting System of the National Energy Board », pp. 16-33, dans W.T. Ziemba *et al.* (éd.), (1980).
- ROY, P.-M., *Les comparaisons de salaire entre le secteur public et le secteur privé au Québec, 1976-1982: synthèse et évaluation*, Université du Québec à Montréal, Laboratoire de recherche sur l'emploi, la répartition et la sécurité du revenu, cahier n° 8207, décembre 1982.

SAHI, R.K. et R.W. ERDMANN, « A Policy Model of Canadian Interfuel Substitution Demands », pp. 34-49, dans W.T. Ziemba *et al.* (éd.), (1980).

ZIEMBA, W.T. *et al.*, *Energy Policy Modeling: United States and Canadian Experiences*, vol. 1, Martinus Nijhoff Publishing Co., Boston, 1980.