L'Actualité économique

Réglementation et technologie dans l'industrie du transport par camion : une présentation de la méthodologie

Robert Gagné

Volume 64, Number 2, juin 1988

URI: https://id.erudit.org/iderudit/601450ar
DOI: https://doi.org/10.7202/601450ar

See table of contents

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)
1710-3991 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Gagné, R. (1988). Réglementation et technologie dans l'industrie du transport par camion : une présentation de la méthodologie. *L'Actualité économique*, *64*(2), 287–310. https://doi.org/10.7202/601450ar

L'Actualité Économique. Revue d'analyse économique, vol. 64, n° 2, juin 1988

Réglementation et technologie dans l'industrie du transport par camion : une présentation de la méthodologie

Robert GAGNÉ
Université de Montréal *

INTRODUCTION

Le projet de déréglementation de l'industrie du transport par camion aux États-Unis a amené la publication d'un nombre important d'études analysant les effets de la réglementation dans l'industrie et aussi les effets possibles d'une déréglementation de cette dernière. Ces études, pour la plupart, tentaient de répondre à l'une des trois questions suivantes : 1) quelle est la structure industrielle qui émergera suite à la déréglementation ? 2) quels sont les effets de la réglementation sur le progrès technique dans l'industrie ? 3) à qui bénéficie la réglementation ? Un survol complet de cette littérature permet de réaliser que pour répondre à ces questions, les chercheurs ont tous utilisé la même méthodologie, soit l'analyse de la structure de la technologie via l'estimation d'une fonction de coût [1]. Dans cet article, nous présentons une synthèse de cette méthodologie, depuis les fondements théoriques jusqu'à l'application empirique. Ainsi, partant du théorème de la dualité, nous introduisons une fonction de coût multi-produits avec des mesures de qualités associées à chacune des mesures de production. L'introduction des mesures de qualités se fait par le biais de fonctions hédoniques qui ont pour rôle d'agréger les mesures de production et leurs qualités. Par la suite, nous présentons l'approximation translogarithmique de cette fonction de coût et montrons comment elle peut être utilisée pour l'analyse des rendements d'échelles, du progrès technique et des bénéficiaires de la réglementation dans un contexte où la production est multiple.

Cet article se veut une référence pour tous ceux qui désirent entreprendre une analyse de la technologie de l'industrie du transport par camion ou celle d'autres industries. Il peut aussi s'avérer fort utile à ceux qui ont des recommandations à faire ou des décisions à prendre au sujet de la déréglementation des transports au Canada. En effet, une bonne compréhension de la méthodologie permet d'en mieux saisir les limites et les lacunes et, par conséquent, les limites et lacunes des résultats obtenus de celle-ci.

Nous tenons à remercier Georges Dionne et Camille Bronsard pour leurs commentaires judicieux de même que le Fonds F.C.A.R. — Action concertée (Transport des marchandises) et Transports Canada pour leur aide financière.

* Département de sciences économiques et Centre de recherche sur les transports.

1. Pour une revue des modèles dans l'industrie du transport aérien, voir Dionne et Gagné (1986).

1. UNE PREMIÈRE APPROCHE À L'ANALYSE DE LA TECHNOLOGIE

L'étude des rendements d'échelle, du progrès technique et des bénéficiaires de la réglementation suppose au préalable la connaissance de la structure de la technologie des entreprises formant l'industrie. L'estimation économétrique d'une fonction de production représentant les combinaisons d'intrants techniquement possibles et efficaces pour la production d'une variété de biens (ou services) semble, a priori, une méthode valable d'analyse de la structure de la technologie. Cependant, deux difficultés majeures viennent invalider cette méthode.

La première difficulté concerne la mesure de la production dans l'industrie du transport par camion. Théoriquement, un bien est défini à partir de sa nature, de ses qualités, du moment où il est disponible et de l'endroit où il est disponible. Ainsi, pour une entreprise de transport par camion, le transport d'ordinateurs entre Montréal et Québec constitue un type de production différent du transport de plaques d'acier entre Montréal et Toronto. Les entreprises de transport par camion produisent donc une variété imposante de services. Pour tenir compte de cette diversité, il faut estimer une fonction de production multi-produits avec des mesures de production aussi variées que celles effectivement produites par la firme. Or, outre le peu de degrés de liberté que laisse l'estimation d'une telle fonction, les données disponibles limitent considérablement les choix des mesures de production.

Une solution à ce problème consiste à utiliser des mesures agrégées de la production[2]. Cependant, deux mesures agrégées et en apparence équivalentes de production peuvent représenter des productions effectives de nature fort différentes nécessitant des combinaisons différentes d'intrants dans chaque cas. Par exemple, une entreprise effectuant dix expéditions de dix tonnes sur un kilomètre a une production totale de cent tonnes-kilomètres, alors qu'une autre effectuant une seule expédition d'une tonne sur cent kilomètres a aussi une production totale mesurée de cent tonnes-kilomètres, bien qu'en fait la nature de sa production soit fort différente. Les mesures agrégées de la production doivent donc tenir compte des qualités inhérentes de chaque type de service que produit l'entreprise (distance moyenne, poids moyen, types de biens transportés, etc.).

Afin de tenir compte des difficultés d'agrégation propres aux transports et en particulier au transport par camion, Spady et Friedlaender (1978) proposent d'utiliser une fonction hédonique ayant pour rôle d'agréger les mesures de production et leurs qualités. Ainsi, en supposant qu'une entreprise utilise M intrants (x_m) pour la production de K extrants (y_k) suivant la fonction de production

$$f(y_1, \ldots, y_K; x_1, \ldots, x_M) = 0, \qquad (1.1)$$

les différentes mesures de production sont agrégées en un vecteur de mesures hédoniques de la production $\psi' = (\psi_1, \ldots, \psi_N)$ à l'aide des fonctions hédoniques suivantes :

2. En admettant que l'agrégation soit possible au plan fonctionnel, *i.e.* que des agrégats « cohérents » existent.

$$\psi_n = \Phi_n(y_n, q_n), \quad n = 1, \ldots, N \tag{1.2}$$

où y_n est agrégat obtenu à partir d'un sous-ensemble des mesures « effectives » (y_k) de la production[3];

$q_n' = [q_1^n, q_2^n, \ldots, q_R^n]$ représente le vecteur des qualités associées à l'extrant agrégé y_n (chaque y_n possède R qualités associées).

L'agrégation des mesures effectives de la production en mesures hédoniques est cohérente si et seulement si la fonction

$$F(\psi_1, \ldots, \psi_N; x_1, \ldots, x_M) = 0 \tag{1.3}$$

est équivalente à la fonction 1.1.

De manière générale, il apparaît souhaitable que les fonctions hédoniques Φ_n possèdent les trois propriétés suivantes[4]:

i) $\Phi_n(0, q_n) = 0$ et $\Phi_n(y_n, q_n) > 0$ pour $y_n > 0$ et $q_n > 0$;

ii) $\Phi_n(y_n, q_n)$ est une fonction homogène de degré un en y_n pour un vecteur q_n donné;

iii) $\Phi(y_n, q_n)$ est une fonction monotone non décroissante par rapport à q_n.

La propriété (i) signifie que la mesure hédonique de la production est nulle (positive) lorsque la mesure effective de la production est nulle (positive). La propriété (ii) implique qu'en doublant les mesures effectives de la production, on double aussi les mesures hédoniques. Toutefois, le fait de doubler les qualités associées n'implique pas que la mesure hédonique de la production double. Enfin, la propriété (iii) signifie qu'à production effective donnée, une augmentation des qualités ne peut entraîner une baisse de la mesure hédonique de la production.

Une fois résolu le problème d'agrégation des mesures de production un autre problème demeure: l'estimation économétrique de la fonction de production. L'estimation de la fonction de production suppose l'ajout d'un terme d'erreur aléatoire à la fonction 1.3 si bien que cette dernière se récrit maintenant

$$F(\psi_1, \ldots, \psi_N; x_1, \ldots, x_M) + e = 0, \tag{1.4}$$

où e est un terme d'erreur aléatoire de moyenne nulle et de variance finie.

De manière générale, si les variables x_m (intrants) sont non corrélées avec le terme d'erreur aléatoire, l'estimation de 1.4 par la méthode des moindres carrés ordinaires donnera des estimations non biaisées des paramètres de la fonction. Cependant, il y a peu de chances que cela soit le cas. En effet, le terme d'erreur aléatoire représente l'effet cumulé de toutes les variables déterminant

3. Les K mesures effectives de production sont agrégées en N mesures hédoniques.

4. Noter que ces propriétés n'assurent en rien la cohérence de l'agrégation au sens de Leontief (1947(1), 1947(2)).

le niveau de production n'apparaissant pas dans la fonction 1.4. Ainsi, si le directeur de l'entreprise observe certaines variables qui influencent son choix d'intrants, mais que ces variables ne sont pas observées par les analystes estimant la fonction de production, alors il y a de fortes raisons de douter de l'indépendance entre le terme d'erreur aléatoire et les variables explicatives (x_m). Par exemple, lorsque le directeur observe un changement dans la qualité d'un des intrants, ce dernier modifie la composition des intrants en fonction de la variation de qualité d'un de ceux-ci. L'effet sur le niveau de production du changement dans la qualité d'un des intrants (changement qui n'est pas observé) est contenu dans le terme d'erreur aléatoire et le choix des intrants est en partie dû lui aussi à ce changement, si bien qu'il y a corrélation entre le terme d'erreur et les variables explicatives (x_m), corrélation qui a pour effet de biaiser les résultats obtenus (Varian, 1984, chap. 4).

Tout porte à croire qu'en pratique, le directeur d'une entreprise de transport par camion observe certaines variables influençant le choix des intrants et que ces variables ne sont pas observables par les analystes. Dans ces conditions, l'estimation directe d'une fonction de production peut mener à des conclusions erronées. Pour contrer cette difficulté, nous appliquons le principe de la dualité existant entre la fonction de production et la fonction de coût. Cette façon de procéder nous permettra d'obtenir la technologie sans biais.

2. L'APPROCHE DUALE À L'ANALYSE DE LA TECHNOLOGIE

Le théorème de la dualité, tel qu'énoncé par Shephard (1953) puis repris par Diewert (1974, 1982) et McFadden (1978), montre, sous certaines hypothèses, la correspondance entre la fonction de production et la fonction de coût. Autrement dit, toute l'information pertinente concernant la technologie contenue dans la fonction de production est aussi contenue dans la fonction de coût. L'avantage que possède la fonction de coût sur la fonction de production vient du fait que les arguments de la fonction de coût sont indépendants du terme d'erreur et aussi entre eux (niveau de production et prix des intrants). Pour établir la dualité entre la fonction de coût et la fonction de production, il est nécessaire d'employer plusieurs hypothèses et concepts mathématiques. Le lecteur intéressé par cet aspect peut consulter Nadiri (1982), Diewert (1982) ou McFadden (1978); ici nous ne ferons qu'exposer les résultats du théorème de la qualité.

2.1 *La fonction de coût: définitions et propriétés*

Lorsque la fonction de production satisfait certaines conditions de régularité (voir Diewert (1982), p. 537) alors correspond à cette dernière une fonction de coût nous donnant le coût minimum de produire ψ lorsque les prix des intrants sont w étant donné la contrainte technologique F, soit[5]:

5. $C(\psi, w)$ est une fonction de coût de long terme. Nous ne considérons pas la fonction de coût de court terme, puisqu'une des caractéristiques des entreprises de transport par camion est de pouvoir ajuster rapidement la capacité de production aux fluctuations de la demande. Nous supposons donc que les quantités employées d'intrants sont toujours celles qui minimisent les coûts totaux de produire ψ.

$$C(\psi, w) = \min_{x} \{ w'x : F(\psi, x) = 0 \} \tag{2.1}$$

où

$w' = (w_1, \ldots, w_M)$ est le vecteur de prix des intrants ;

$x' = (x_1, \ldots, x_M)$ et $\psi' = (\psi_1, \ldots, \psi_N)$ sont définis comme précédemment.

La fonction de coût 2.1 possède, sous l'hypothèse de régularité de la fonction de production, les propriétés suivantes (Diewert, 1982) :

Propriété 1

C est une fonction non négative :

$$C(\psi, w) \geqslant 0 \quad \text{pour } w_m > 0,\ m = 1, \ldots, M.$$

Propriété 2

C est une fonction homogène de degré 1 par rapport à chacun des éléments de w :

$$C(\psi, \lambda w) = \lambda C(\psi, w) \text{ pour } w_m > 0,\ m = 1, \ldots, M \text{ et } \lambda > 0.$$

Propriété 3

C est une fonction non décroissante par rapport à chacun des éléments de w :

$$C(\psi, w_1) \geqslant C(\psi, w_0) \text{ pour } w_1 > w_0.$$

Propriété 4

C est une fonction concave par rapport à chacun des éléments de w :

$$C(\psi, \alpha w_0 + (1-\alpha) w_1) \geqslant \alpha C(\psi, w_0) + (1-\alpha) C(\psi, w_1) \quad \text{pour } w_0, w_1 > 0 \text{ et } 0 \leqslant \alpha \leqslant 1.$$

Propriété 5

C est une fonction continue par rapport à chacun des éléments de w pour $w_m > 0,\ m = 1, \ldots, M$.

Propriété 6

C est une fonction non décroissante par rapport à chacun des éléments de ψ pour un vecteur w donné :

$$C(\psi_1, w) \geqslant C(\psi_0, w) \text{ pour } \psi_1 > \psi_0.$$

Propriété 7

C est une fonction continue par rapport à chacun des éléments de ψ pour $\psi_n \geqslant 0,\ n = 1, \ldots, N$.

La fonction de coût étant duale à la production, on doit alors pouvoir retrouver cette dernière à partir de la fonction de coût. Formellement :

$$\widetilde{F}(\psi, x) = \max_{\psi} \{ \psi : w'x \geqslant C(\psi, w) \} \text{ pour tout } w_m > 0,\ m = 1, \ldots, M. \tag{2.2}$$

Encore ici, sous certaines hypothèses de régularité de la fonction de production, Diewert (1982) démontre que les fonctions F et $\widetilde{F}$ coïncident. Il y a donc une correspondance unique entre les fonctions de coût et de production et toute l'information pertinente concernant la technologie peut être obtenue avec l'une ou l'autre des fonctions, d'où la dualité.

À toute fonction de coût possédant les propriétés 1 à 7 et différentiable par rapport à chacun des éléments de w est associé un vecteur de fonctions de demandes d'intrants (lemme de Shephard (1953)), soit :

$$x_m(\psi^*, w^*) = \partial C(\psi^*, w^*) / \partial w_m, \; m = 1, \ldots, M, \tag{2.3}$$

où $x_m(\psi^*, w^*)$ est la demande de l'intrant m qui minimise les coûts de produire ψ^* lorsque les prix des intrants sont w^*. D'un point de vue économétrique, ce résultat est très utile. En effet, il permet d'associer à toute forme fonctionnelle différentiable d'une fonction de coût possédant les propriétés 1 à 7 les fonctions de demandes d'intrants et ce, sans connaître la fonction de production sous-jacente F.

Certaines propriétés de la fonction de coût impliquent des propriétés particulières pour les fonctions de demandes d'intrants telles que définies par 2.3. Supposons que la fonction $C(\psi, w)$ est au moins deux fois continûment différentiable par rapport à ψ et w au point (ψ^*, w^*). Par le lemme de Shephard, on sait que les fonctions de demandes d'intrants $(x_m(\psi^*, w^*), m = 1, \ldots, M)$ existent au point (ψ^*, w^*) et sont données par les dérivées premières de la fonction de coût. Ainsi, l'hypothèse que $C(\psi, w)$ soit au moins deux fois continûment différentiable implique que les fonctions $x_m(\psi^*, w^*)$, $m = 1, \ldots, M$, existent et sont au moins une fois continûment différentiables au point (ψ^*, w^*).

À partir des dérivées premières des fonctions $x_m(\psi^*, w^*)$, $m = 1, \ldots, M$, on peut former la matrice des derivées secondes de la fonction de coût par rapport à w, soit :

$$[\partial x_m(\psi^*, w^*)/\partial w_s] = [\partial^2 C(\psi^*, w^*)/\partial w_m \partial w_s], \; \begin{array}{l} m = 1, \ldots, M \\ s = 1, \ldots, M. \end{array} \tag{2.4}$$

L'hypothèse que $C(\psi^*, w^*)$ est deux fois continûment différentiable implique, par le théorème de Young, que la matrice (2.4) est symétrique, si bien que :

$$[\partial x_m(\psi^*, w^*)/\partial w_s], = [\partial x_m(\psi^*, w^*)/\partial w_s]' = [\partial x_s(\psi^*, w^*)/\partial w_m], \quad \begin{array}{l} m = 1, \ldots, M \\ s = 1, \ldots, M. \end{array} \tag{2.5}$$

De plus, comme $C(\psi, w)$ est concave en w alors la matrice hessienne de $C(\psi, w)$ est une matrice négative semi-définie, donc :

$$z'[\partial x_m(\psi^*, w^*)/\partial w_s] z \leq 0, \text{ pour tout } z(Mx1), \quad \begin{array}{l} m = 1, \ldots, M \\ s = 1, \ldots, M. \end{array} \tag{2.6}$$

En particulier, si $z = e_m$, e_m étant le $m^{\text{ième}}$ vecteur unitaire, alors :

$$\partial x_m (\psi^*, w^*) / \partial w_m \leqslant 0, \; m = 1, \ldots, M. \quad (2.7)$$

La relation 2.7 signifie que la fonction de demande du $m^{\text{ième}}$ intrant est non croissante par rapport au prix de cet intrant. Par ailleurs, comme $C(\psi, w)$ est homogène de degré un en w, alors $C(\psi^*, \lambda w^*) = \lambda C(\psi^*, w^*)$ pour $\lambda > 0$. Prenant la dérivée partielle de cette dernière égalité par rapport à w_m nous obtenons :

$$\partial C(\psi^*, \lambda w^*) / \partial \lambda w_m = \partial C(\psi^*, w^*) / \partial w_m, \qquad m = 1, \ldots, M. \quad (2.8)$$

Prenant maintenant la dérivée de 2.8 par rapport à λ, nous obtenons (pour $\lambda = 1$) :

$$\sum_{s=1}^{M} w_s^* (\partial^2 C(\psi^*, w^*) / \partial w_m \partial w_s) = 0, \qquad m = 1, \ldots, M. \quad (2.9)$$

Par 2.4, nous pouvons récrire 2.9 de la façon suivante :

$$\sum_{s=1}^{M} w_s^* (\partial x_m(\psi^*, w^*) / \partial w_s) = 0, \qquad m = 1, \ldots, M. \quad (2.10)$$

Cette dernière relation implique, avec une inégalité stricte à la relation 2.7 pour au moins un intrant, qu'au moins deux intrants sont substituts dans le processus de production (*i.e.* tous les intrants ne peuvent être complémentaires).

En dérivant partiellement $C(\psi^*, \lambda w^*) = \lambda C(\psi^*, w^*)$ par rapport à ψ, puis par rapport à λ, on obtient (pour $\lambda = 1$) :

$$\sum_{m=1}^{M} w_m^* (\partial^2 C(\psi^*, w^*) / \partial \psi_n \partial w_m) = \partial C(\psi^*, w^*) / \partial \psi_n,$$

$$m = 1, \ldots, M. \quad (2.11)$$

Puisque

$$\begin{aligned} \partial^2 C(\psi^*, w^*) / \partial \psi_n \partial w_m &= \partial^2 C(\psi^*, w^*) / \partial w_m \partial \psi_n \\ &= \partial [\partial C(\psi^*, w^* / \partial w_m] / \partial \psi_n \\ &= \partial x_m (\psi^*, w^*) / \partial \psi_n, \end{aligned}$$

alors

$$\sum_{m=1}^{M} w_m^* (\partial^2 C(\psi^*, w^*) / \partial \psi_n \partial w_m) = \sum_{m=1}^{M} w^* (\partial x_m (\psi^*, w^*) / \partial \psi_n) \quad (2.12)$$

$$= \partial C(\psi^*, w^*) / \partial \psi_n \geqslant 0, \; n = 1, \ldots, N.$$

L'inégalité 2.12 découle de la propriété 6 de la fonction de coût et signifie que les changements dans les demandes d'intrants induits par une augmentation de la production ne peuvent être tous négatifs ; autrement dit les intrants ne peuvent être tous inférieurs.

Enfin, l'homogénéité de degré un implique par le théorème d'Euler la relation suivante (pour $\lambda = 1$):

$$\sum_{m=1}^{M} w_m^*(\partial C(\psi^*, w^*)/\partial w_m) = C(\psi^*, w^*) \tag{2.13}$$

2.2 *L'approximation translogarithmique d'une fonction de coût*

La section précédente nous renseigne sur la nature de la fonction de coût, sur les arguments qu'elle contient et sur les propriétés qu'elle possède mais ne nous dit rien sur la forme fonctionnelle de celle-ci. Aux fins de l'estimation économétrique d'une telle fonction, Christensen, Jorgensen et Lau (1973) proposent d'approximer le logarithme de la fonction par une expansion en séries de Taylor autour d'un point. Ce genre d'approximation permet de tester plusieurs hypothèses concernant la nature de la technologie sans introduire trop de rigidités. Ainsi, une telle approximation permet divers tests concernant l'homothéticité de la technologie, admet tous les types de rendements d'échelles de même que des élasticités de substitution variables entre les intrants. Enfin, une telle approximation permet l'analyse de la technologie dans le cas d'une production de plusieurs extrants.

Intéressons-nous pour le moment à une fonction quelconque $g(z)$, $z = z_1, \ldots, z_i, \ldots, z_n$.

On a bien sûr que:

$$g(z) = g(e^{\ln z_1}, \ldots, e^{\ln z_n}) \tag{2.14}$$

Prenant la transformation logarithmique de (2.14) on obtient:

$$\begin{aligned} \ln g(z) &= \ln g(e^{\ln z_1}, \ldots, e^{\ln z_n}) \\ &= h(\ln z_1, \ldots, \ln z_n) \\ &= h(\ln z) \end{aligned} \tag{2.15}$$

Étant donné (2.15), l'approximation translogarithmique de $\ln g(z)$ correspond à l'expansion en séries de Taylor de la fonction h autour d'un point quelconque z_o, soit:

$$\begin{aligned} \ln g(z) = h(\ln z) = h(\ln z_o) &+ \sum_{i=1}^{m} h_i(\ln z_o)(\ln z_i - \ln z_{io}) \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} h_{ij}(\ln z_o)(\ln z_i - \ln z_{io})(\ln z_j - \ln z_{jo}) \\ &+ \text{termes d'ordres plus élevés } (\simeq 0). \end{aligned} \tag{2.16}$$

où $h(\ln z_o)$ représente la valeur de la fonction en z_o.

$h_i(\ln z_o)$ et $h_{ij}(\ln z_o)$ représentent respectivement les dérivées première et seconde de la fonction h évaluées au point z_o.

En général, on considère les termes d'ordre supérieur à 2 comme étant très petits ou nuls si bien qu'on approxime $h(\ln z)$ par $\bar{h}(\ln z)$, d'où l'approximation translogarithmique de $\ln g(z)$. Dans la plupart des cas, on choisit la moyenne arithmétique des variables comme point autour duquel on approxime la fonction $\ln g(z)$.

Une fonction $\bar{h}(\ln z)$ représente une approximation valable de second ordre d'une fonction $h(\ln z)$ si la valeur de $\bar{h}(\ln z)$, son gradient et la hessienne de celle-ci, évalués au point z_o, égalent la valeur, le gradient et la hessienne de $h(\ln z)$ évalués à ce même point, soit:

$$\begin{aligned} \bar{h}(\ln z_o) &= h(\ln z_o) \\ \bar{h}_i(\ln z_o) &= h_i(\ln z_o), \quad i=1,\ldots,n \\ \bar{h}_{ij}(\ln z_o) &= h_{ij}(\ln z_o), \quad i,j=1,\ldots,n. \end{aligned} \tag{2.17}$$

De plus, $\bar{h}(\ln z)$ constitue une forme fonctionnelle dite « flexible » de la fonction $h(\ln z)$ si elle contient un nombre suffisant de paramètres libres pour que la valeur de la fonction, le gradient et la hessienne puissent être quelconques afin de pouvoir satisfaire 2.17 (soit $1+n+n^2$ paramètres libres a priori).

Retournons maintenant à la fonction de coût définie en 2.1. Comme $\psi_n = \Phi_n(y_n, q_n)$, on peut substituer cette expression dans $C(\psi, w)$:

$$\begin{aligned} C(\psi, w) &= C(\psi_1,\ldots,\psi_N, w_1,\ldots,w_M) \\ &= C(\Phi_1(y_1,q_1),\ldots,\Phi_N(y_N,q_N),\ w_1,\ldots,w_M) \\ &= \widetilde{C}(y_1,\ldots,y_N,q_1,\ldots,q_N,w_1,\ldots,\ w_M). \end{aligned} \tag{2.18}$$

Le logarithme de la fonction $\widetilde{C}$ est alors approximé par une expansion en séries de Taylor du type 2.16. Cependant, étant donné la nature multi-produits de $\widetilde{C}$, une telle approximation est inutilisable lorsqu'au moins une des mesures de la production (y_n) est nulle. De plus, à une mesure de production (y_n) nulle sont associées des mesures de qualité qui sont aussi nulles. Alors, plutôt que d'utiliser le logarithme des variables y_n et q_u, Caves, Christensen et Tretheway (1980) proposent d'appliquer une transformation Box-Cox sur ces dernières[6]. Compte tenu de ces corrections, correspond au logarithme de la fonction $\widetilde{C}$, l'approximation translogarithmique hybride suivante:

$$\ln\widetilde{C}(y,q,w) = \alpha_0 + \sum_{n=1}^{N} \alpha_n \left(\frac{(y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1}-1}{\theta_1}\right) + \sum_{m=1}^{M} \beta_m \ln(w_m/\bar{w}_m)$$

6. La transformation Box-Cox de la variable X est donné par $(X^{\theta}-1)/\theta$ et est définie pour $X=0$ lorsque $\theta>0$. De plus, $\lim_{\theta\to o}(X^{\theta}-1)/\theta = \ln X$.

$$+ \sum_{u=1}^{U} \gamma_u \left(\frac{(q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2}-1}{\theta_2} \right)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N} \sum_{t=1}^{N} A_{nt} \left(\frac{(y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1}-1}{\theta_1} \right) \left(\frac{(y_t/\bar{y}_t)^{\theta_1}-1}{\theta_1} \right)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{M} \sum_{s=1}^{M} B_{ms} \ln(w_m/\bar{w}_m) \ln(w_s/\bar{w}_s)$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{u=1}^{U} \sum_{v=1}^{U} C_{uv} \left(\frac{(q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2}-1}{\theta_2} \right) \left(\frac{(q_v/\bar{q}_v)^{\theta_2}-1}{\theta_2} \right)$$

$$+ \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} D_{nm} \left(\frac{(y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1}-1}{\theta_1} \right) \ln(w_m/\bar{w}_m) \tag{2.19}$$

$$+ \sum_{n=1}^{N} \sum_{u=1}^{U} E_{nu} \left(\frac{(y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1}-1}{\theta_1} \right) \left(\frac{(q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2}-1}{\theta_2} \right)$$

$$+ \sum_{m=1}^{M} \sum_{u=1}^{U} F_{mu} \ln(w_m/\bar{w}_m) \left(\frac{(q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2}-1}{\theta_2} \right)$$

avec $q_u = q_r^n$, $u=1,\dots,U$, $U=NR$

$n=1,\dots,N$

$r=1,\dots,R$

et $\theta_1 > 0, \theta_2 > 0.$

Cette fonction constitue une approximation translogarithmique de la fonction de coût multi-produits $\widetilde{C}$. En outre, elle admet que certaines mesures de production et de qualité soient nulles.

Pour assurer l'homogénéité de degré 1 de $\widetilde{C}$ on impose, au moment de l'estimation, les conditions nécessaires et suffisantes suivantes à 2.19 :

$$\begin{aligned} &\sum_{m=1}^{M} \beta_m = 1 \\ &\sum_{m=1}^{M} B_{ms} = 0, \quad s=1,\dots,M \\ &\sum_{m=1}^{M} D_{nm} = 0, \quad n=1,\dots,N \\ &\sum_{m=1}^{M} F_{mu} = 0, \quad u=1,\dots,U. \end{aligned} \tag{2.20}$$

De plus, on a par le théorème de Young que :

$$
\begin{aligned}
A_{nt} &= A_{tn} \\
B_{ms} &= B_{sm} \qquad (2.21)\\
C_{uv} &= C_{vu}
\end{aligned}
$$

À partir des dérivées premières de 2.19 on obtient, par le lemme de Shephard, les fonctions de parts d'intrants. Ainsi, sachant que

$$\partial \widetilde{C}\,(y,\, q,\, w) \,/\, \partial w_m = x_m\,(y,\, q,\, w),\; m=1,\, \ldots,\, M, \qquad (2.22)$$

alors,

$$\frac{\partial \ln \widetilde{C}\,(y, q, w)}{\partial \ln w_m} = \frac{\partial \widetilde{C}\,(y, q, w)}{\partial w_m}\,\frac{w_m}{\widetilde{C}} = \frac{x_m w_m}{\widetilde{C}}\,,\; m=1,\ldots,M. \qquad (2.23)$$

En appliquant la relation 2.23 à la fonction de coût 2.19, on obtient les fonctions de parts d'intrants correspondantes, soit :

$$\frac{x_m w_m}{\widetilde{C}} = \beta_m + \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{M} B_{ms} \ln(w_s/\bar{w}_s) + \sum_{n=1}^{N} D_{nm}\,\frac{(y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1}-1}{\theta_1}$$

$$+ \sum_{u=1}^{U} F_{mu}\,\frac{(q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2}-1}{\theta_2}\,, \qquad m=1,\ldots,M. \qquad (2.24)$$

2.3 *Estimation économétrique d'une fonction de coût*

Les paramètres d'une fonction de coût telle que définie par 2.19, 2.20 et 2.21 peuvent être obtenus par la méthode des moindres carrés ordinaires. Cependant, l'estimation de la seule fonction de coût néglige l'information contenue dans les fonctions de parts d'intrants (2.24). Pour cette raison, Christensen et Greene (1976) proposent d'estimer conjointement la fonction de coût et les fonctions de part d'intrants associés par une méthode due à Zellner (1962). Le fait de considérer les fonctions de part d'intrants permet d'augmenter le nombre de degrés de liberté puisque les paramètres des fonctions de parts sont un sous-ensemble des paramètres de la fonction de coût.

Afin de procéder à l'estimation des fonctions de coût et de parts d'intrants, on ajoute à chaque équation un terme d'erreur aléatoire. La méthode de Zellner tient compte de la corrélation entre les termes d'erreurs aléatoires d'une même observation (entreprise). Toutefois, comme la somme des parts est toujours égale à un, la somme des termes d'erreurs aléatoires des fonctions de parts est égale à zéro, rendant la matrice variance-covariance des erreurs singulière. Pour contourner cette difficulté, Barten (1969) propose de laisser tomber une des fonctions de parts et démontre que les résultats obtenus sont invariants de la part qu'on laisse tomber, tant et aussi longtemps que les résultats correspondent à ceux obtenus par une méthode de maximum de vraisemblance. Par ailleurs, Kmenta et Gilbert (1968) ont démontré que la méthode itérative de Zellner donne des résultats correspondant à un maximum de vraisemblance. Ainsi, l'estimation de 2.19 conjointement avec 2.24 par la méthode itérative de Zellner et ce, en laissant tomber une des fonctions de parts, constitue une procédure valable qui considère toute l'information disponible.

On a vu à la section 2.1 que la fonction de coût possède de nombreuses propriétés qu'on peut soit tester soit imposer. Parmi ces dernières, soulignons que les conditions 2.20 et 2.21 imposées à la fonction de coût assurent la propriété 2 (homogénéité de degré 1 en w). Les propriétés 1, 3 et 6 ne peuvent être imposées avant l'estimation mais peuvent faire l'objet de tests une fois les résultats obtenus. Par exemple, la propriété 3 est vérifiée si les parts d'intrants calculées sont positives pout toutes les entreprises composant l'échantillon. L'observation des propriétés 5 et 7 est assurée étant donné la forme fonctionnelle de la fonction estimée (translogarithmique). Enfin, la concavité en w de la fonction de coût peut être imposée à cette dernière (Jorgensen et Fraumeni (1981)). Toutefois l'imposition d'une telle contrainte peut donner des résultats inacceptables, notamment pour les élasticités de substitution et les élasticités-prix des intrants (Diewert et Wales (1987)). Pour cette raison, il est préférable de vérifier plutôt que d'imposer la concavité de la fonction de coût et ce, pour chaque entreprise de l'échantillon.

À une fonction de coût au moins deux fois continûment différentiable et concave en w, correspond une matrice de dérivées secondes par rapport à chacun des éléments de w qui est négative semi-définie. Étant donné que la fonction 2.19 est une approximation du logarithme de la fonction de coût $\widetilde{C}$, on doit pouvoir retrouver à partir de la matrice des dérivées secondes de $\ln\widetilde{C}(y, q, w)$ la matrice des dérivées secondes de $\widetilde{C}(y, q, w)$. Ainsi, en définissant $\widetilde{C}_m = \partial\widetilde{C}(y, q, w) / \partial w_m$ et $\widetilde{C}_{ms} = \partial^2 \widetilde{C}(y, q, w) / \partial w_m \partial w_s$, on a la relation suivante:

$$\frac{\partial^2 \ln\widetilde{C}(y, q, w)}{\partial \ln w_m \partial \ln w_s} = \frac{\delta_{ms} w_m \widetilde{C}_m}{\widetilde{C}} - \frac{w_m w_s \widetilde{C}_m \widetilde{C}_s}{(\widetilde{C})^2} + \frac{w_m w_s \widetilde{C}_{ms}}{\widetilde{C}}, \quad \begin{array}{l} m=1,\dots,M \\ s=1,\dots,M. \end{array} \tag{2.25}$$

avec $\delta_{ms} = 1$ si $m=s$ et $\delta_{ms} = 0$ si $m \neq s$.

Si bien que

$$\widetilde{C}_{ms} = \left[\frac{\partial^2 \ln\widetilde{C}(y, q, w)}{\partial \ln w_m \partial \ln w_s} + \frac{w_m w_s \widetilde{C}_m \widetilde{C}_s}{(\widetilde{C})^2} - \frac{\delta_{ms} w_m \widetilde{C}_m}{\widetilde{C}} \right] \frac{\widetilde{C}}{w_m w_s} \quad \begin{array}{l} m=1,\dots,M \\ s=1,\dots,M \end{array} \tag{2.26}$$

avec $\widetilde{C}_m = \dfrac{\partial \ln \widetilde{C}(y,q,w)}{\partial \ln w_m} \dfrac{\widetilde{C}}{w_m}$, $\widetilde{C}_s = \dfrac{\partial \ln \widetilde{C}(y,q,w)}{\partial \ln w_s} \dfrac{\widetilde{C}}{w_s}$.

La fonction de coût est globalement concave lorsque la matrice $\widetilde{C}_{ms}$ est négative semi définie pour toutes les observations composant l'échantillon. Cependant, il peut arriver que cette propriété ne soit pas vérifiée pour certaines observations. Les résultats obtenus peuvent néanmoins être considérés comme valables (Wales (1977)).

3. L'ANALYSE DE LA RÉGLEMENTATION : TROIS APPLICATIONS À PARTIR DE LA FONCTION DU COÛT TRANSLOGARITHMIQUE

3.1 *Rendements d'échelle*

Le type de rendements d'échelle présent dans l'industrie du transport par camion est une donnée fondamentale pour l'analyse de la réglementation dans cette industrie. Lorsqu'on considère une déréglementation partielle ou totale de l'industrie du transport par camion, la question qui soulève le plus de discussions concerne la structure industrielle qui émergera suite à la déréglementation. La présence de rendements constants ou décroissants permet d'anticiper une concentration industrielle plus faible une fois l'industrie déréglementée. Par contre, des rendements d'échelle croissants laissent anticiper une concentration accrue de l'industrie une fois cette dernière soumise aux lois de la libre concurrence. L'analyse des rendements d'échelle revêt donc une importance particulière.

Les résultats obtenus de l'estimation d'une fonction de coût et des fonctions de parts d'intrants qui y sont associées permettent l'analyse en profondeur des rendements d'échelle. En général, les rendements d'échelle sont définis à partir de l'élasticité du coût total par rapport à la production :

$$\varepsilon_{cy} = \partial \ln \widetilde{C}\,(y,\ q,\ w)\ /\ \partial \ln y. \tag{3.1}$$

Baumol, Panzar et Willig (1982) définissent les rendements d'échelle comme étant :

$$\begin{aligned} S &= \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)/(y^* \partial \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial y) \\ &= \frac{1}{(y^* \partial \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial y)/\,\widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)} \\ &= \frac{1}{\partial \ln \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial \ln y} \\ &= \frac{1}{\varepsilon^*_{cy}} \end{aligned} \tag{3.2}$$

où ε^*_{cy} représente l'élasticité de $\widetilde{C}$ par rapport à y au point $(y^*,\ q^*,\ w^*)$.

Ainsi, les rendements d'échelle sont croissants, constants ou décroissants selon que S est plus grand, égal ou plus petit que 1. La définition 3.2 est opérationnelle dans la mesure où la technologie employée engendre la production d'un seul bien ou service. Lorsque la technologie est multi-produits, une définition alternative des rendements d'échelle est employée (Baumol, Panzar et Willig (1982)), soit:

$$S' = \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*) \;/\; \sum_{n=1}^{n} y_n^*(\partial \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial y_n). \tag{3.3}$$

$$\text{Comme } \frac{\partial \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)}{\partial y_n} = \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*) \frac{\partial \ln \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)}{\partial y_n} \tag{3.4}$$

alors, on peut récrire 3.3 comme suit:

$$S' = 1 \;/\; \sum_{n=1}^{N} y_n^*(\partial \ln \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)/\partial y_n). \tag{3.5}$$

Pour la fonction de coût translogarithmique 2.19, la mesure des rendements d'échelle est donnée par:

$$S' = 1 \Big/ \Big[\sum_{n=1}^{N} (y_n^*/\bar{y}_n)^{\theta_1} \Big(\alpha_n + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} A_{nt} \Big(\frac{(y_t^*/\bar{y}_t)^{\theta_1} - 1}{\theta_1} \Big)$$

$$+ \sum_{m=1}^{M} D_{nm} \ln(w_m^*/\bar{w}_m) + \sum_{u=1}^{U} E_{nu} \Big(\frac{(q_u^*/\bar{q}_u)^{\theta_2} - 1}{\theta_2} \Big) \Big) \Big]. \tag{3.6}$$

Ici encore, la technologie est caractérisée par des rendements d'échelle croissants, constants ou décroissants selon que S' est plus grand, égal ou inférieur à un.

La présence de termes en y, w et q dans l'équation 3.6 signifie qu'il est impossible de caractériser globalement les rendements d'échelle, puisque ces derniers varient en fonction du niveau de production, des prix des intrants et des mesures de qualités de la production. Par exemple, les paramètres α_n caractérisent les rendements d'échelle pour une entreprise moyenne, mais ces paramètres ne constituent pas une mesure adéquate des rendements d'échelle pour des entreprises loin de la moyenne.

Pour pallier à cette difficulté, il est plus facile d'analyser les rendements d'échelle à l'aide de la fonction de coût moyen. Ainsi, pour une technologie d'un seul produit, la fonction de coût moyen est donnée par:

$$CM(y, q, w) = \widetilde{C}(y, q, w) \;/\; y \tag{3.7}$$

qu'on peut récrire

$$\ln CM(y, q, w) = \ln \widetilde{C}(y, q, w) - \ln y. \tag{3.8}$$

L'élasticité du coût moyen par rapport à la production au point (y^*, q^*, w^*) correspond à :

$$\varepsilon^*_{CM,y} = \frac{\partial \ln CM(y^*, q^*, w^*)}{\partial \ln y} = \frac{\partial \ln \widetilde{C}(y^*, q^*, w^*)}{\partial \ln y} - 1$$

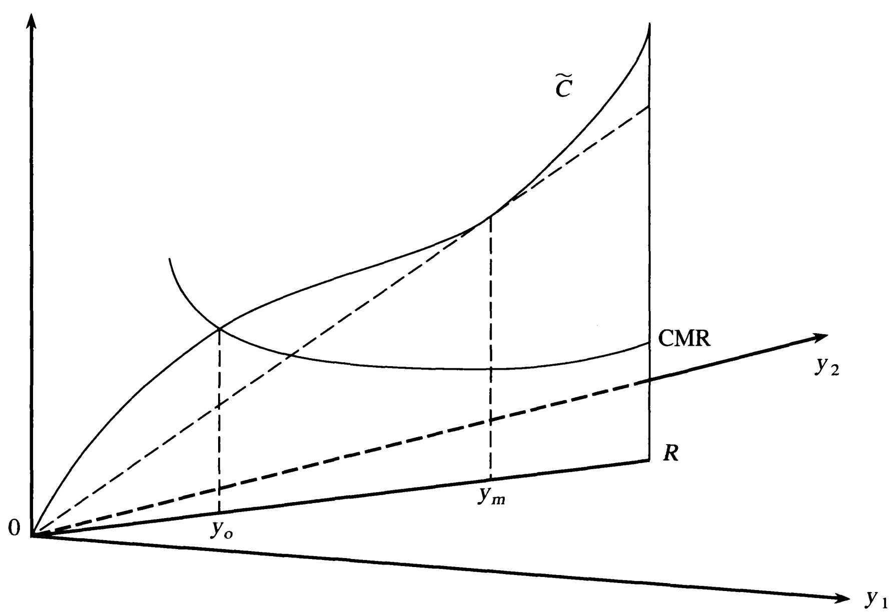
$$= \varepsilon^*_{cy} - 1\,. \tag{3.9}$$

Les rendements sont croissants, constants ou décroissants selon que $\varepsilon^*_{CM,\,y}$ est plus petit, égal ou plus grand que zéro. Autrement dit, lorsque la pente de la fonction de coût moyen est négative (nulle ou positive) on est en présence de rendements d'échelle croissants (constants ou décroissants).

Lorsque la technologie est multi-produits, la fonction de coût moyen 3.7 est inopérante. En effet, l'utilisation au dénominateur d'une mesure agrégée de la production peut entraîner l'addition de quantités difficilement comparables. Par exemple, dans le domaine du transport par camion, il n'est pas concevable d'additionner ensemble le nombre de tonnes-kilomètres transportées de courrier et de machinerie lourde. Pour cette raison, un concept alternatif de coûts moyens a été suggéré par Baumol, Panzar et Willig (1982) : le coût moyen de rayon (*ray average cost*). Pour introduire ce concept, il faut d'abord définir un vecteur de

FIGURE 1

FONCTIONS DE COÛT MOYEN DE RAYON (*CMR*) ET DE COÛT TOTAL ($\widetilde{C}$)
LE LONG D'UN RAYON (*OR*) POUR LEQUEL CHAQUE PRODUIT EST EN PROPORTION FIXE.



production composite soit $y^o = (y_1^o, y_2^o, \ldots, y_N^o)$. [7] La fonction de coût moyen de rayon est alors donnée par :

$$CMR\,(\lambda y^o, q, w) = \widetilde{C}\,(\lambda y^o, q, w)\,/\,\lambda\,,\ \lambda > 0\,. \tag{3.10}$$

Cette fonction définit les coûts moyens le long d'un rayon pour lequel les proportions de chaque produit sont constantes à l'intérieur de la production totale. Évidemment, lorque $\lambda = 1$, $CMR\,(\lambda y^o, q, w) = \widetilde{C}\,(\lambda y^o, q, w)$. À titre d'exemple, la figure 1 ci-dessus illustre, pour une technologie de deux produits (y_1 et y_2), la fonction de coût moyen de rayon (CMR) et la fonction de coût total et ce, le long d'un rayon (OR) pour lequel chaque produit est en proportion fixe.

Tout comme dans le cas de la production d'un seul produit, on peut relier à la fonction de coût moyen de rayon la mesure des économies d'échelle. D'abord, en transformant sous forme logarithmique 3.10 on obtient :

$$\ln CMR\,(\lambda y^o, q, w) = \ln \widetilde{C}\,(\lambda y^o, q, w) - \ln\lambda. \tag{3.11}$$

Prenant la dérivée partielle de 3.11 par rapport à $\ln\lambda$ on obtient l'élasticité du coût moyen de rayon par rapport à λ, soit :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{CMR,\lambda} &= \frac{\partial \ln \widetilde{C}\,(\lambda y^o, q, w)}{\partial \ln\lambda} - 1 \\ &= \left[\sum_{n=1}^{N} \frac{\partial \ln \widetilde{C}\,(\lambda y^o, q, w)}{\partial \lambda y_n^o}\ \frac{\partial \lambda y_n^o}{\partial\lambda}\ \frac{\partial\lambda}{\partial\ln\lambda}\right] - 1\,. \end{aligned} \tag{3.12}$$

L'élasticité du coût moyen de rayon par rapport à λ évaluée au point $(\lambda^* y^o, q^*, w^*)$ est donc égale à :

$$\varepsilon^*_{CMR,\lambda} = \left[\sum_{n=1}^{N} \lambda^* y_n^o\,(\partial \ln \widetilde{C}\,(\lambda^* y^o, q^*, w^*)\,/\,\partial \lambda y_n^o)\right] - 1 \tag{3.13}$$

si bien qu'en posant $y_n^* = \lambda^* y_n^o$ par 3.5 on a :

$$\varepsilon^*_{CMR,\lambda} = 1\,/\,S' - 1\,. \tag{3.14}$$

Tout comme précédemment, selon que $\varepsilon^*_{CMR,\lambda}$ soit négatif, nul ou positif, les rendements d'échelle sont croissants, constants ou décroissants.

Pour la fonction de coût translogarithmique hybride 2.19, $\varepsilon_{CMR,\lambda}$ est donnée (pour $y_n^* = \lambda^* y_n^o$, $q_u^* = \bar{q}_u$ et $w_m^* = \bar{w}_m$) par :

$$\varepsilon^*_{CMR,\lambda} = \left[\sum_{n=1}^{N} (\lambda^* y_n^o/\bar{y}_n)^{\theta_1}\left(\alpha_n + \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N} A_{nt}\,\frac{(\lambda^* y_t^o/\bar{y}_t)^{\theta_1} - 1}{\theta_1}\right)\right] - 1 \tag{3.15}$$

7. Le choix du vecteur de production composite est arbitraire.

La fonction de coût moyen de rayon épouse une forme en U si pour des petites valeurs de λy^{o} la valeur de $\varepsilon^{*}_{CMR,\lambda}$ est négative avec dans ce cas $S > 1$ et pour des plus grandes valeurs de λy^{o}, $\varepsilon^{*}_{CMR,\lambda}$ prend une valeur positive ou nulle ($S \leqslant 1$).

3.2 *Bénéficiaires de la réglementation*

Le but avoué de la réglementation économique de plusieurs industries par les gouvernements est de protéger les intérêts des consommateurs. Cependant, certains auteurs, dont Stigler (1971) et Peltzman (1976), soutiennent que la réglementation économique est souvent mise en place à la suite de pressions par certains groupes si bien qu'elle servira surtout les intérêts de ces groupes. Ainsi, lorsqu'un gouvernement décide de réglementer une activité économique où les consommateurs ont peu ou pas de pouvoir en tant que groupe, alors la réglementation risque de bénéficier à un autre groupe que ces derniers.

En général, on distingue parmi trois grands groupes les bénéficiaires potentiels de la réglementation : les détenteurs de facteurs de productions (intrants), les propriétaires d'entreprises et les consommateurs. Plusieurs études démontrent que les tarifs dans l'industrie du transport par camion sont plus élevés qu'ils ne le seraient sans réglementation [8]. Cependant, il semble que les tarifs élevés n'entraînent pas des profits anormalement élevés mais soient plutôt le fait de coûts élevés à cause du sur-emploi des intrants qu'amène la réglementation. En fait, dans une étude américaine, Moore (1978) soutient que 75 % des coûts de la réglementation transmis aux expéditeurs puis aux consommateurs prennent la forme de transferts de revenus vers la main-d'oeuvre et les détenteurs de capital dans l'industrie du transport par camion.

Au Canada, Kim (1984) partant des résultats de l'estimation d'une fonction de coût translogarithmique arrive à la conclusion que le régime de réglementation économique de l'industrie du transport par camion bénéficie en grande partie aux détenteurs de facteurs de production (notamment la main-d'oeuvre). Pour mener à bien son étude, Kim part de l'hypothèse que la réglementation, en obligeant les retours à vide, des déplacements excessifs des camions et une sous-utilisation de la capacité, entraîne des niveaux de qualité de la production (q_u) plus faibles qu'ils ne le seraient autrement. Ainsi, à partir des paramètres estimés de la fonction de coût translogarithmique, il est possible d'évaluer l'élasticité de la demande de l'intrant x_m par rapport à la qualité de la production q_u. Cette élasticité est donnée par [9] :

$$\eta_{mu} = \gamma_u + \frac{F_{mu}}{\beta_m} \tag{3.16}$$

où η_{mu} est l'élasticité de l'intrant x_m par rapport à q_u évaluée au point $y_n = \bar{y}_n$, $w_m = \bar{w}_m$ et $q_u = \bar{q}_u$.

γ_u, F_{mu} et β_m sont des paramètres de l'équation 2.19.

---

8. Voir, entre autres, Sloss (1970), McLachlan (1972) et Maister (1978).

9. Ce résultat est démontré en appendice.

Une fois les η_{mu} ($m=1, \ldots, M$ et $u=1, \ldots, U$) évalués, il est possible de déterminer si certaines qualités (q_u) ont un effet sur les demandes d'intrants. Par la suite, sous l'hypothèse que la réglementation affecte à la baisse les qualités, on peut conclure à l'effet de la réglementation sur les demandes d'intrants et ainsi déterminer si les facteurs de production bénéficient ou non de la réglementation. De plus, la méthode permet de déterminer lesquels parmi ces derniers bénéficient de la réglementation et dans quelle mesure.

Cette méthode possède au moins une lacune importante: elle suppose un effet négatif de la réglementation sur les qualités. Une méthodologie plus valable devrait dans une première étape mesurer l'effet de la réglementation sur les qualités de la production puis, au cours d'une seconde étape, mesurer par 3.16 l'effet des qualités sur les demandes d'intrants. Cette façon de procéder permettrait de juger plus adéquatement si certains intrants bénéficient de la réglementation. Toutefois, il faut noter qu'à ce jour, aucun auteur n'a développé de méthodologie permettant de mesurer l'effet de la réglementation sur les qualités de la production.

3.3 *Croissance de la productivité*

Les résultats existant à ce jour dans la littérature indiquent que les principaux bénéficiaires de la réglementation de l'industrie du transport par camion sont les détenteurs de facteurs de production. Il apparaît en effet que la réglementation empêche les entreprises de faire des choix efficaces concernant leurs facteurs de production en obligeant, entre autres, les retours à vide et une fréquence de service excessive. Dans la plupart des cas, les bénéfices prennent la forme d'une sur-utilisation des intrants pour la production d'un niveau donné de service de transport.

Si la réglementation entraîne la sur-utilisation des intrants, alors la productivité dans l'industrie du transport par camion est plus faible qu'elle ne le serait sans réglementation, puisque la productivité est mesurée par le rapport entre la production et le niveau d'utilisation des intrants. Ainsi, en comparant la tendance de la productivité au cours d'une période pour laquelle un changement de réglementation est survenu ou en comparant les tendances de la productivité de différents segments d'une industrie faisant face à des réglementations différentes, on peut être en mesure d'évaluer l'effet de la réglementation sur la productivité.

Par ailleurs, outre l'effet de la réglementation sur le niveau de la productivité, il est aussi permis de croire que la réglementation affecte la croissance de la productivité ou le progrès technique. En effet, la réglementation, en isolant de la concurrence les entreprises au sein de l'industrie, peut s'avérer être une désincitation à innover au plan de la technologie. Par conséquent, sous cette hypothèse, on devrait observer un taux de croissance de la productivité plus faible dans un environnement réglementé.

Une augmentation de la productivité signifie qu'avec les mêmes quantités d'intrants on peut produire davantage d'un bien ou d'un service. La croissance de la productivité implique donc des déplacements dans le temps de la fonction de production. Pour mesurer ces déplacements, on peut introduire une variable de tendance, prenant en compte le temps, dans la fonction de production puis estimer cette fonction. Cependant, nous avons déjà indiqué les difficultés rencontrées lors de l'estimation d'une fonction de production. On sait par contre qu'à une fonction de production se déplaçant dans le temps correspond une fonction de coût se déplaçant aussi dans le temps. Ainsi, à une fonction de production du type 1.3 se déplaçant dans le temps correspond la fonction de coût suivante :

$$C = \widetilde{C}(y, q, w, T) \tag{3.17}$$

où C représente le coût total de produire y étant donné les qualités q, les prix des intrants w et la date T, T étant un terme de tendance.

Prenant la dérivée totale du logarithme de cette équation par rapport au temps on obtient :

$$\frac{d\ln\widetilde{C}}{dT} = \sum_{n=1}^{N} \frac{\partial\ln\widetilde{C}}{\partial\ln y_n} \frac{d\ln y_n}{dT} + \sum_{m=1}^{M} \frac{\partial\ln\widetilde{C}}{\partial\ln w_m} \frac{d\ln w_m}{dT} + \sum_{u=1}^{U} \frac{\partial\ln\widetilde{C}}{\partial\ln q_u} \frac{d\ln q_u}{dT} + \frac{\partial\ln\widetilde{C}}{\partial T}. \tag{3.18}$$

Les trois premiers termes de 3.18 représentent le taux de changement dans les coûts dû au taux de changement dans la production, les prix des intrants et les qualités de la production au cours du temps. Le dernier terme ($\partial\ln\widetilde{C} / \partial T$) représente l'effet pur de la productivité ou du progrès technique.

On peut aussi mesurer l'impact qu'exerce sur la croissance de la productivité ou le progrès technique les intrants (I_m), le niveau de production (S_m) et les qualités de la production (Q_u) :

$$\begin{aligned} I_m &= \frac{\partial}{\partial\ln w_m}\left(\frac{\partial\ln\widetilde{C}}{\partial T}\right) = \frac{\partial^2\ln\widetilde{C}}{\partial T\partial\ln w_m}, \quad m=1,\ldots,M \\ S_n &= \frac{\partial}{\partial\ln y_n}\left(\frac{\partial\ln\widetilde{C}}{\partial T}\right) = \frac{\partial^2\ln\widetilde{C}}{\partial T\partial\ln y_n}, \quad n=1,\ldots,N \\ Q_u &= \frac{\partial}{\partial\ln q_u}\left(\frac{\partial\ln\widetilde{C}}{\partial T}\right) = \frac{\partial^2\ln\widetilde{C}}{\partial T\partial\ln q_u}, \quad u=1,\ldots,U. \end{aligned} \tag{3.19}$$

Ainsi, $I_m > 0$ indique que le progrès technique a eu pour effet de favoriser l'utilisation de l'intrant m ($I_m < 0$ signifiant le contraire). $I_m = 0$ implique la neutralité du progrès technique sur l'intrant m. Lorsque $S_n < 0$ ($S_n > 0$), alors la taille minimale optimale des entreprises s'accroît (décroît) au cours du temps. $S_n = 0$ indique qu'il n'y a pas eu de changement de la taille minimale optimale au cours du temps. Enfin, $Q_u > 0$ ($Q_u < 0$) implique un effet positif (négatif) de la qualité u sur le progrès technique ou la croissance de la productivité. $Q_u = 0$ implique la neutralité de q_u sur le progrès technique.

La fonction de coût 3.17 peut être approximée par la fonction translogarithmique hybride suivante :

$$\ln\widetilde{C}(y,q,w,T) = \ln\widetilde{C}(y,q,w) + \mu_T T + \frac{1}{2}J_{TT}(T)^2$$

$$+ \sum_{n=1}^{N} G_{nT}\left(\frac{(y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1}-1}{\theta_1}\right) T + \sum_{m=1}^{M} H_{mT}\ln(w_m/\bar{w}_m)\, T \qquad (3.20)$$

$$+ \sum_{u=1}^{U} K_{uT}\left(\frac{(q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2}-1}{\theta_2}\right) T.$$

où $\ln\widetilde{C}(y, q, w)$ est définie comme en 2.19 et $\sum_{m=1}^{M} H_{mT} = 0$ pour assurer l'homogénéité de degré 1 en w.

Appliquant 3.19 à l'équation 3.20 on obtient pour I_m, S_n et Q_u que :

$$\begin{aligned} I_m &= H_{mT}, & m&=1,\ldots,M \\ S_n &= G_{nT}(y_n/\bar{y}_n)^{\theta_1}, & n&=1,\ldots,N \\ Q_u &= K_{uT}(q_u/\bar{q}_u)^{\theta_2}, & u&=1,\ldots,U. \end{aligned} \qquad (3.21)$$

De plus, l'effet résiduel du progrès technique non expliqué par les intrants, la production ou les qualités de la production est donné par :

$$\frac{\partial \ln\widetilde{C}}{\partial T} = \mu_T + J_{TT}T, \qquad (3.22)$$

avec $y_n = \bar{y}_n$, $w_m = \bar{w}_m$ et $q_u = \bar{q}_u$.

L'approximation de $\widetilde{C}$ par 3.20 ne permet pas aux termes d'ordre deux de la fonction de varier dans le temps. De plus, cette approximation force I_m, S_n et Q_u à être constants dans le temps. Cette approximation peut donc limiter en partie l'analyse du progrès technique. À la place de 3.20, Stevensen (1980) et Friedlaender et Schur Bruce (1985) proposent d'utiliser une approximation translogarithmique du troisième ordre en conservant les seuls termes d'ordre trois qui impliquent le temps. Par ailleurs, afin d'identifier de manière plus rigoureuse les sources du progrès technique ou de la croissance de la productivité, Friedlaender et Schur Bruce (1985) approximent au troisième ordre (en laissant tomber les termes n'impliquant pas le temps) la fonction de coût suivante :

$$C = \widetilde{C}(\omega, \tau, \phi) = \hat{C}(y, q, w, T), \qquad (3.23)$$

où $\omega_m = w_m e^{\varepsilon_m T}$, $\tau_u = q_u e^{\eta_u T}$ et $\phi_n = y_n e^{\sigma_n T}$.

L'approximation au troisième ordre d'une fonction de coût du type de 3.23 est en fait une version contrainte de l'approximation au troisième ordre de la fonction de coût 3.17.

4. CONCLUSION

Le but de cet article était de présenter la méthodologie utilisée pour l'analyse de la structure de la technologie dans l'industrie du transport par camion. Ainsi, partant du problème de minimisation des coûts nous avons dérivé la fonction de coût et avons démontré comment l'approximer à l'aide d'une expansion en séries de Taylor. De plus, nous avons montré comment, à partir de la connaissance de la structure de la technologie, on pouvait tirer certaines conclusions concernant la réglementation économique de l'industrie. Cette méthodologie, bien que fort valable dans son état actuel, contient néanmoins certaines lacunes. D'abord, soulignons que la forme translogarithmique de la fonction de coût est imposée a priori sur cette dernière et ce, sans fondement apparent. Berndt et Khaled (1979) présentent une forme fonctionnelle alternative, forme qui est plus flexible et qui admet comme cas particulier la forme translogarithmique. Toutefois, l'estimation d'une fonction à forme flexible ne se fait pas sans heurts puisque cette dernière est non linéaire dans les paramètres. Deuxièmement, la méthodologie actuelle ne garantit pas la concavité de la fonction de coût. Diewert et Wales (1987) proposent une méthode qui assure la concavité de la fonction de coût sans, toutefois, imposer de contraintes additionnelles lors de l'estimation. Troisièmement, cette méthodologie ne permet pas dans son état actuel de mesurer les effets de la réglementation sur les qualités de la production (q_u). Enfin, cette méthodologie suppose implicitement l'existence d'agrégats de la production cohérents au plan fonctionnel. Or, aucune étude n'a, à ce jour, fait état de l'existence de tels agrégats. Les développements futurs de la méthodologie présentée ici doivent, croyons-nous, aller dans ces quatres directions.

APPENDICE

ÉLASTICITÉ DE LA DEMANDE DE L'INTRANT x_m PAR RAPPORT À LA QUALITÉ q_u

À partir de la définition de l'élasticité, on a que

$$\eta_{mu} = \frac{\partial x_m}{\partial q_u} \frac{q_u}{x_m}, \qquad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ u=1,\ldots,U. \end{matrix} \tag{A.1}$$

Par le lemme de Shephard, $x_m = \dfrac{\partial \widetilde{C}}{\partial w_m}$, donc :

$$x_m = \frac{\partial \widetilde{C}}{\partial w_m} = \frac{\partial \ln \widetilde{C}}{\partial \ln w_m} \frac{\widetilde{C}}{w_m}. \tag{A.2}$$

La dérivée partielle de 2.19 par rapport à $\ln w_m$ nous donne :

$$x_m = \Bigg[\beta_m + \frac{1}{2} \sum_{s=1}^{M} B_{ms} \ln(w_s / \bar{w}_s) + \sum_{n=1}^{N} D_{nm} \left(\frac{(y_n / \bar{y}_n)^{\theta_1} - 1}{\theta_1} \right) \tag{A.3}$$

$$+ \sum_{u=1}^{U} F_{mu} \frac{(q_u / \bar{q}_u)^{\theta_2} - 1}{\theta_2} \Bigg] \frac{\widetilde{C}}{w_m}, \qquad m=1,\ldots,M.$$

Maintenant, prenant la dérivée partielle de A.3 par rapport à q_u on obtient :

$$\frac{\partial x_m}{\partial q_u} = \left[\frac{F_{mu}}{q_u} \frac{\widetilde{C}}{w_m} \right] + \left[\frac{\beta_m}{w_m} \frac{\partial \widetilde{C}}{\partial q_u} \right], \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ u=1,\ldots,U \end{matrix} \tag{A.4}$$

avec $y_n = \bar{y}_n$, $w_s = \bar{w}_s$ et $q_u = \bar{q}_u$.

De plus, comme $\dfrac{\partial \widetilde{C}}{\partial q_u} = \dfrac{\partial \ln \widetilde{C}}{\partial \ln q_u} \dfrac{\widetilde{C}}{q_u}$, alors on a que (pour $y_n = \bar{y}_n$, $w_m = \bar{w}_m$ et $q_u = \bar{q}_u$) :

$$\frac{\partial \widetilde{C}}{\partial q_u} = \gamma_u \frac{\widetilde{C}}{q_u}, \qquad u=1,\ldots,U. \tag{A.5}$$

En substituant $\dfrac{\partial \widetilde{C}}{\partial q_u}$ dans A.4, utilisant A.5, et multipliant A.4 de chaque côté par $\dfrac{q_u}{x_m}$ on obtient :

$$\frac{\partial x_m}{\partial q_u} \frac{q_u}{x_m} = \frac{\widetilde{C}}{w_m x_m} [F_{mu} + \beta_m \gamma_u], \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ u=1,\ldots,U. \end{matrix} \tag{A.6}$$

Finalement, comme $\dfrac{w_m x_m}{\widetilde{C}} = \beta_m$ (pour $y_n = \bar{y}_n$, $w_m = \bar{w}_m$ et $q_u = \bar{q}_u$) on trouve facilement l'expression 3.14, soit :

$$\eta_{mu} = \frac{\partial x_m}{\partial q_u} \frac{q_u}{x_m} = \frac{F_{mu}}{\beta_m} + \gamma_u, \quad \begin{matrix} m=1,\ldots,M \\ u=1,\ldots,U. \end{matrix} \tag{A.7}$$

BIBLIOGRAPHIE

BARTEN, A.P. (1969), « Maximum Likelihood Estimation of a Complete System of Demand Equations », *European Economic Review* 1 (1), 7-73.

BAUMOL, W.J., PANZAR, J.C. et WILLING, R.D. (1982), *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, Harcourt Brace Jovanovich Inc., New York, 510 pages.

BERNDT, E.R. et KHALED, M.S. (1979), « Parametric Productivity Measurement and Choice among Flexible Functional Forms », *Journal of Political Economy* 87(6), 1220-1245.

CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R. et TRETHEWAY, M.W. (1980), « Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms », *Review of Economics and Statistics* 62(3), 477-481.

CHRISTENSEN, L.R. et GREENE, W.N. (1979), « Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation », *Journal of Political Economy* 84(4), 655-676.

CHRISTENSEN, L.R., JORGENSEN, D.W. et LAU, L.J. (1973), « Transcendental Logarithmic Production Frontiers », *Review of Economics and Statistics* 55 (1), 28-45.

DIEWERT, W.E. (1974), « Applications of Duality Theory », in *Frontiers of Quantitative Economics*, volume II, M.D. Intriligator et D.A. Kendrick, éditeurs, North-Holland.

DIEWERT, W.E. (1982), « Duality Approaches to Microeconomic Theory », in *Handbook of Mathematical Economics*, volume II, K.J. Arrow et M.D. Intriligator, éditeurs, North-Holland, 535-599.

DIEWERT, W.E. et WALES, T.J. (1987), « Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions », *Econometrica* 55(1), 43-68.

DIONNE, G. et GAGNÉ, R. (1986), « Models and Methodologies in the Analysis of Regulation Effects in Airline Markets », publication # 486, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, août. À paraître dans *International Journal of Transport Economics.*

FRIEDLAENDER, A.F. et SCHUR BRUCE, S. (1985), « Augmentation Effects and Technical Change in the Regulated Trucking Industry, 1974-1979 », in *Analytical Studies in Transport Economics*, A.F. Daughety, éditeur, Cambridge University Press, Cambridge.

FRIEDLAENDER, A.F. et WANG CHIANG, S.J. (1983), « Productivity Growth in the Regulated Trucking Industry » in *Research in Transport Economics*, volume I, T.E. Keeler, éditeur, JAI Press Inc.

FRIEDLAENDER, A.F. et WANG CHIANG, S.J. (1984), « Output Aggregation, Network Effects, and the Measurement of Trucking Technology », *Review of Economics and Statistics* 66, 267-276.

KIM, M. (1984), « The Beneficiaries of Trucking Regulation Revisited », *Journal of Law and Economics* 27(1), 227-241.

KMENTA, J. et GILBERT, R.F. (1968), « Small Sample Properties of Alternative Estimators of Seemingly Unrelated Regressions », *Journal of the American Statistical Association* 63, 1180-1200.

LEONTIEF, W. (1947(1)), « A Note on the Interrelation of Subsets of Independent Variables of a Continuous Function with Continuous Derivatives », *Bulletin of the American Mathematical Society* 53(4), 343-350.

LEONTIEF, W. (1947(2)), « Introduction to a Theory of the Internal Structure of Functional Relationships », *Econometrica* 15, 361-373.

MAISTER, D.H. (1978), « Regulation and the Level of Trucking Rates in Canada : Additional Evidence », *Transportation Journal* 8(2), 49-62.

MCFADDEN, D. (1978), « Cost, Revenue, and Profit Functions », in *Productions Economics : A Dual Approach to Theory and Applications*, volume I, M. Fuss et D. McFadden, éditeurs, North-Holland.

MCLACHLAN, D.L. (1972), « Canadian Trucking Regulations », *The Logistics and Transportation Review* 8(1), 59-81.

NADIRI, M.I. (1982), « Producers Theory », in *Handbook of Mathematical Economics*, volume II, K.J. Arrow et M.D. Intriligator, éditeurs, North-Holland.

PELTZMAN, S. (1976), « Toward a More General Theory of Regulation », *Journal of Law and Economics* 19(2), 211-248.

SHEPHARD, S. (1953), *Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 102 pages.

SLOSS, J. (1970), « Regulation of Motor Freight Transportation : A Quantitative Evaluation Policy », *Bell Journal of Economics* 1(2), 327-366.

SPADY, R. et FRIEDLAENDER, A.F. (1976), « Econometric Estimation of Cost Functions in the Transportation Industries », C.T.S. report, numéro 76-13, M.I.T., 98 pages.

SPADY, R. et FRIEDLAENDER, A.F. (1978), « Hedonic Cost Functions for the Regulated Trucking Industry », *Bell Journal of Economics* 9(1), 159-179.

STEVENSON, R. (1980), « Measuring Technological Bias », *American Economic Review* 70(1), 162-173.

STIGLER, G.J. (1970), « The Theory of Regulation », *Bell Journal of Economics and Management Science* 2(3), 3-21.

VARIAN, H.R. (1984), *Microeconomic Analysis*, 2ième édition, W.W. Norton and Company, New York, 348 pages.

WALES, T.J. (1977), « On the Flexibility of Flexible Functional Forms », *Journals of Econometrics* 5(2), 183-193.

ZELLNER, A. (1982), « An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests of Aggregation Bias », *Journal of the American Statistical Association* 57, 348-368.