

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses

Band: 105 (1979)

Heft: 24

Artikel: Etude de la demande d'énergie globale des secteurs de la demande intermédiaire belge

Autor: Bossier, Francis / Duwein, Dirk

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73868>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Etude de la demande d'énergie globale des secteurs de la demande intermédiaire belge

par Francis Bossier et Dirk Duwein, Bruxelles

Dans le cadre du programme national de Recherche et Développement en énergie adopté par la Belgique en 1975, le Bureau du Plan s'est vu confier l'exécution d'une partie du volet modélisation du système énergétique national. La tâche du Bureau du Plan a consisté principalement à modéliser la demande énergétique en provenance des secteurs de la demande intermédiaire (secteur transports non compris). Ce travail implique la détermination de modèles permettant de calculer la répartition optimale de la demande totale d'énergie entre les différentes formes d'énergie et d'analyser les niveaux auxquels les différentes formes d'énergie peuvent être substituées l'une à l'autre. Les modèles d'étude de la répartition et de la substitution entre forme d'énergie constituent un des niveaux du travail entamé par le Bureau du Plan. La construction de tels modèles interénergétiques suppose en effet que soient construits, sur un autre niveau, des modèles permettant de calculer les besoins globaux en énergie, tous combustibles confondus, et d'étudier les possibilités de substitution entre le facteur énergétique considéré dans son ensemble et les autres facteurs de production.

La présente note a pour objet de présenter les résultats obtenus dans le cadre de l'élaboration et de l'exploitation des modèles de demande d'énergie globale. Dans une première partie, nous présentons le modèle théorique adopté pour l'étude de la demande sectorielle globale d'énergie. Nous y discutons des principales hypothèses sur lesquelles se fonde le modèle, ainsi que le calcul des élasticités-prix qui peuvent être estimées entre les facteurs de la demande sectorielle. La deuxième partie a trait à la définition des secteurs auxquels s'applique notre étude. Ces derniers sont définis dans un souci de cohérence avec la sectorisation adoptée dans les travaux portant sur les relations interindustrielles (tableau Input-Output). Dans la troisième partie, nous abordons les estimations proprement dites des modèles sectoriels. Nous présentons et commentons les matrices d'élasticités-prix croisées estimées pour chaque secteur et tirons les premières conclusions relatives aux politiques à mener en matière d'économies d'énergie.

1. La spécification du modèle

1.1 Introduction

Le choix des moyens de production utilisés par un secteur se réalise en fonction d'un processus de minimisation du coût total pour un niveau donné de production. La demande pour l'énergie et les autres facteurs est une demande dérivée qui dépend de l'output, des prix relatifs, des possibilités de substitution et de la technologie existante. Le problème de la substitution entre les facteurs de production énergétiques et non énergétiques, ou de la complémentarité entre le capital et l'énergie, forme le noyau de cette approche de la demande d'énergie. Par exemple, une faible possibilité de substitution réduira d'autant la capacité d'adaptation en face d'une brusque augmentation des prix de l'énergie.

L'approche translog, qui constitue une explication mathématique de la problématique définie ci-dessus, découle d'un certain nombre de travaux sur lesquels nous avons basé notre analyse. On retrouve les fondements théoriques de la fonction translog dans les travaux de W. E. Diewert : *Applications of Duality Theory* (1975), et de L. D. Christensen, D. W. Jorgenson et L. J. Lau : *Transcendental Logarithmic Production Frontiers* (1972).

La construction proprement dite du modèle s'inspire des articles suivants : tout d'abord les travaux de E. R. Berndt et D. O. Wood : *Technology, Prices and the Derived Demand for Energy* (1975), qui examinent les problèmes d'estimation entraînés par le choix du modèle translog et donnent les résultats empiriques obtenus ainsi que leurs implications concernant la demande d'énergie. J. M. Griffin

et P. R. Gregory, dans *An Intercountry Translog Model of Energy Substitution Responses* (1976), mettent l'accent sur la controverse soulevée à propos de la complémentarité énergie-capital. Enfin, E.-A. Hudson et D. W. Jorgenson, dans *U.S. Energy Policy and Economic Growth 1975-2000* (1974), apportent probablement la contribution la plus importante, tant sur le plan théorique que du point de vue pratique, à la construction des modèles KLEM.

1.2 La fonction de coût translog

Nous spécifions à partir du théorème de la dualité de Samuelson-Shephard¹ une fonction de coût générale à quatre inputs qui répond aux conditions suivantes : a) la fonction est positive, b) homogène de degré 1 et c) concave.

$$C = C(Y, PK, PL, PE, PM)$$

où C = coût total

Y = production

PK = prix du capital

PL = prix du travail

PE = prix de l'énergie

PM = prix des consommations intermédiaires non énergétiques.

La spécification translog de la fonction de coût s'écrit :

$$\ln C = \alpha_0 + \ln Y + \gamma t + \sum_s \alpha_s \ln P_s + \frac{1}{2} \sum_r \sum_s \beta_{rs} \ln P_r \ln P_s$$

où $r, s = K, L, E, M$ (qui représentent respectivement la demande pour les facteurs capital, travail, énergie et autres inputs non énergétiques)

t = temps

Une telle approche offre l'avantage de ne pas imposer de restriction a priori sur les élasticités partielles de substitution. D'autre part, cette spécification est différentiable au second degré.

1.3 Les équations de demande dérivées

Nous pouvons dériver de la fonction de coût les fonctions de demande satisfaisant à la condition de minimisation du coût. La dérivée logarithmique de C par rapport à P_s s'écrit

$$(1.1) \quad \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_s} = \frac{\partial C}{\partial P_s} \frac{P_s}{C} = \alpha_s + \sum_r \beta_{rs} \ln P_r \quad (r, s = K, L, E, M)$$

L'application du théorème de Shephard nous donne²

$$\frac{\partial C}{\partial P_s} = x_s \quad (s = K, L, E, M)$$

où x_s représente la demande pour l'input s

¹ Demande d'énergie totale et d'énergie de forme spécifique. Nouvelle approche — Bureau du Plan, Direction Sectorielle, 9 mai 1977, réf. : (77)NG-259/id/1463, p. 6.

² Voir A. S. Goldberger : *Econometric Theory*, New-York, 1964, p. 39.

Nous obtenons dès lors les équations de demande dérivées *KLEM*

$$M_s = \frac{P_s \cdot x_s}{C} = \alpha_s + \sum_r \beta_{rs} \ln P_r$$

$$(r, s = K, L, E, M)$$

où le coût total $C = (PK \times K) + (PL \times L) + (PE \times E) + (PM \times M)$

Si nous supposons que $CK = PC \times C$ où PC est le déflateur du coût total (c'est-à-dire le coût unitaire) et CK le coût total à prix constants, nous pouvons transformer les fonctions de demande et isoler les parts de coût à prix constants. Nous introduisons, d'autre part, dans les équations un terme autorégressif afin de dynamiser la demande et de permettre les processus d'ajustement retardés. Les quatre équations de demande s'écrivent :

$$(1.2) \quad \frac{K}{CK} = D_K = [(1-\rho)(\alpha_K + \beta_{KK} \ln PK + \beta_{LK} \ln PL + \beta_{EK} \ln PE + \beta_{MK} \ln PM)] / (PK/PC) + [\rho / (PK/PC)] \times D_K(t-1) \times [PK(t-1)/PC(t-1)]$$

$$(1.3) \quad \frac{L}{CK} = D_L = [(1-\rho)(\alpha_L + \beta_{LL} \ln PL + \beta_{KL} \ln PK + \beta_{EL} \ln PE + \beta_{ML} \ln PM)] / (PL/PC) + [\rho / (PL/PC)] \times D_L(t-1) \times [PL(t-1)/PC(t-1)]$$

$$(1.4) \quad \frac{E}{CK} = D_E = [(1-\rho)(\alpha_E + \beta_{EE} \ln PE + \beta_{LE} \ln PL + \beta_{KE} \ln PK + \beta_{ME} \ln PM)] / (PE/PC) + [\rho / (PE/PC)] \times D_E(t-1) \times [PE(t-1)/PC(t-1)]$$

$$(1.5) \quad \frac{M}{CK} = D_M = [(1-\rho)(\alpha_M + \beta_{MM} \ln PM + \beta_{LM} \ln PL + \beta_{KM} \ln PK + \beta_{EM} \ln PE)] / (PM/PC) + [\rho / (PM/PC)] \times D_M(t-1) \times [PM(t-1)/PC(t-1)]$$

La condition d'équilibre comptable

$$\sum D_r = 1$$

$$(r = K, L, E, M)$$

est satisfaite pour chaque année, dans la mesure où la condition d'homogénéité est respectée. D'une manière pratique, la condition d'homogénéité imposée au modèle *KLEM* revient à poser que :

$$\alpha_M = 1 - \alpha_L - \alpha_K - \alpha_E$$

$$\beta_{Mr} = -(\beta_{Kr} + \beta_{Lr} + \beta_{Er})$$

$$(r = K, L, E, M)$$

1.4 Les élasticités de prix et de substitution

Les élasticités partielles de substitution de Allen (AES)³ entre l'input r et l'input s sont définies comme suit :

$$\sigma_{rs} = \frac{C}{C_r C_s} \frac{\partial^2 C}{\partial P_r \partial P_s}$$

où $C_{rs} = \frac{\partial C}{\partial P_r} \frac{\partial C}{\partial P_s}$

$$C_r = \frac{\partial C}{\partial P_r}$$

$$C_s = \frac{\partial C}{\partial P_s}$$

C est le coût total et P_r et P_s représentent les prix des facteurs r et s .

Après application du lemme de Shephard ($\frac{\partial C}{\partial P_r} = x_r$), l'élasticité partielle de substitution devient, selon l'optique translog :

$$\sigma_{rs} = \sigma_{sr} = \frac{\beta_{rs} + M_r M_s}{M_r M_s}$$

$$\text{et } \sigma_{rr} = \frac{\beta_{rr} + M_r^2 - M_r}{M_r^2}$$

M_r est la part du coût qui revient à l'input r dans le coût total C .

Ces élasticités partielles peuvent varier dans le temps, avec les valeurs des parts. Il en va de même pour les élasticités-prix (élasticité-prix du facteur r par rapport au prix du facteur s) :

$$E_{rs} = M_r \sigma_{rs}$$

$$\text{et } E_{rr} = M_r \sigma_{rr}$$

On peut donc noter que, en général, $E_{rs} \neq E_{sr}$, alors que $\sigma_{rs} = \sigma_{sr}$, pour toutes les valeurs de r et s .

2. Estimation des modèles sectoriels de demande : élasticités-prix directes et croisées et relations de substitution entre les facteurs

2.1 Les modèles sectoriels de demande à 4 facteurs de production, qui ont fait l'objet d'une présentation théorique dans le point 1, sont estimés à partir de données relatives à la période 1960-1975⁴, pour 12 secteurs de production belges, dont 9 secteurs industriels. Les estimations de chaque modèle *KLEM* sont réalisées à partir du programme NLEST conçu au Bureau du Plan dans le cadre du programme IESEM⁵. La méthode retenue permet d'estimer de façon jointe des équations non linéaires qui ont des coefficients communs. Les coefficients du modèle sont calculés itérativement sur

³ BERNDT, E. R., WOOD, D. O., *op.cit.*, p. 261 et : Demande d'énergie totale et d'énergie de forme spécifique, *op. cit.*, p. 18.

⁴ Le modèle *KLEM* relatif au secteur des services n'est pas présenté dans ce chapitre. Les estimations pour ce secteur seront discutées dans une note ultérieure.

⁵ Dossier IESEM, Bureau du Plan, Direction Générale. Réf. : (77)ES-HMO-GdA/1304-249/mg/1407 du 10 mars 1977.

⁶ Les matrices d'élasticités-prix doivent se lire comme suit : pour chaque secteur, la première ligne des matrices représente l'élasticité du facteur K par rapport aux prix des 4 facteurs (effet prix direct ou effet croisé), la deuxième ligne représente l'élasticité du facteur L par rapport aux prix des 4 facteurs, ... et ainsi de suite pour les autres lignes.

base du critère de minimisation d'une somme pondérée des résidus.

Les paramètres sectoriels qui sont obtenus permettent de calculer les matrices d'élasticités-prix directes et croisées, outils de base pour l'analyse des substitutions entre les facteurs.

2.2 Les élasticités-prix et les substitutions entre les facteurs

2.2.1 Les matrices d'élasticités-prix sectorielles sont données dans le tableau 2.2.1. pour les années 1965, 1970, 1974 et 1975. Nous pouvons en tirer un ensemble de conclusions concernant le comportement des facteurs vis-à-vis de leurs prix respectifs ainsi que les relations entre les facteurs⁶.

Les demandes de facteurs sont toutes élastiques à une modification de leurs prix respectifs. C'est le facteur travail qui présente le plus de sensibilité : en moyenne son élasticité-prix directe atteint —.66. A toute variation positive de 1 % du prix du travail correspond donc une variation à la baisse de 0,66 % de la quantité demandée de travail. Les élasticités directes des autres facteurs valent en moyenne —.45 dans le cas du capital, —.32 dans le cas de l'énergie et —.275 pour les autres consommations intermédiaires. Ce dernier facteur présente, comme on le voit, la plus faible sensibilité aux variations de son prix. L'élasticité est pratiquement nulle pour deux secteurs de base : E_{MM} vaut, en 1974, —.048 pour la sidérurgie et —.025 pour les métaux non ferreux.

L'analyse des élasticités-prix croisées permet la traduction en termes de substitution ou de complémentarité des relations entre les facteurs de demande.

— L'énergie et le travail sont substituables dans tous les secteurs. La sensibilité de la consommation énergétique aux accroissements des coûts salariaux a été plus ou moins forte entre 1960 et 1975. On peut considérer que cette sensibilité est particulièrement élevée dans les métaux non ferreux, le papier et la construction. Ces trois secteurs affichent en effet des élasticités supérieures à .400, voire même à .700 (métaux non ferreux en 1970). Tout accroissement du prix du travail provoque, *ceteris paribus*, un important transfert de demande du travail vers l'énergie. Dans les autres secteurs, les élasticités croisées entre l'énergie et le travail sont moins élevées mais toujours positives.

— L'énergie et le capital sont des facteurs complémentaires dans tous les secteurs. Ce caractère de complémentarité est cependant généralement peu marqué et l'élasticité-prix croisée ne dépasse la valeur —.300 que dans le secteur du papier (et seulement pour E_{EK}). La complémentarité entre l'énergie et le capital se justifie, sur la période 1961 à 1975, par le caractère technique de la liaison entre ces deux facteurs. Toute

TABLEAU 2.2.1. — Elasticités-prix directes et croisées des modèles KLEM

		1965				1970				1974				1975			
		K	L	E	M	K	L	E	M	K	L	E	M	K	L	E	M
Sidérurgie	K	-.318	.337	-.116	.079	-.355	.316	-.105	.147	-.257	.348	-.108	.026	-.396	.359	-.009	.047
	L	.239	-.484	.181	.044	.255	-.478	.172	.061	.229	-.478	.219	.028	.243	-.509	.228	.038
	E	-.113	.245	-.139	-.014	-.121	.246	-.087	-.038	-.073	.224	-.263	.116	-.0081	.279	-.308	.037
	M	.018	.014	-.003	-.049	.035	.015	-.008	-.042	.005	.009	.0338	-.048	.017	.021	.016	-.055
Métaux non ferreux	K	-.204	.095	-.011	.120	-.182	.088	-.042	.136	-.139	.087	-.038	.090	-.273	.100	-.024	.198
	L	.054	-.537	.209	.274	.052	-.514	.193	.269	.049	-.511	.203	.259	.060	-.550	.182	.306
	E	-.012	.385	-.562	.189	-.096	.741	-.107	-.538	-.062	.578	-.315	-.201	-.045	.564	-.349	-.171
	M	.008	.033	.012	-.053	.009	.028	-.015	-.022	.005	.027	-.007	-.025	.015	.028	-.007	-.046
Minéraux non métalliques	K	-.514	.289	-.023	.247	-.523	.287	-.012	.249	-.517	.296	-.018	.238	-.520	.295	-.001	.226
	L	.148	-.594	.065	.381	.164	-.600	.066	.370	.153	-.590	.067	.369	.158	-.592	.081	.352
	E	-.051	.287	-.104	-.132	-.030	.280	-.115	-.135	-.040	.295	-.126	-.128	-.002	.300	-.227	-.072
	M	.113	.341	-.027	-.428	.129	.334	-.028	-.434	.115	.342	-.028	-.435	.118	.343	-.019	-.443
Chimie	K	-.330	.192	-.031	.169	-.361	.154	-.038	.245	-.331	.137	-.047	.240	-.311	.134	-.059	.237
	L	.135	-.106	.053	.918	.148	-.1231	.032	1.051	.122	-.1257	.033	1.102	.111	-.1254	.027	1.115
	E	-.084	.206	-.420	.299	-.156	.139	-.258	.275	-.170	.133	-.274	.311	-.224	.125	-.198	.298
	M	.065	.505	.042	-.612	.098	.440	.027	-.565	.081	.419	.029	-.530	.073	.414	.024	-.512
Fabrications métalliques	K	-.434	.301	-.002	.134	-.421	.277	-.005	.149	-.401	.269	-.004	.136	-.401	.284	-.004	.120
	L	.077	-.859	.016	.767	.074	-.896	.013	.810	.070	-.908	.014	.824	.070	-.883	.015	.798
	E	-.008	.325	-.476	.159	-.032	.302	-.361	.090	-.023	.295	-.429	.157	-.019	.310	-.450	.159
	M	.019	.433	.004	-.456	.020	.405	.002	-.426	.017	.396	.004	-.417	.015	.414	.004	-.433
Papier	K	-.920	.198	-.110	.845	-.942	.204	-.132	.870	-.938	.212	-.125	.870	-.919	.232	-.114	.832
	L	.104	-.570	.063	.418	.090	-.563	.056	.417	.094	-.561	.058	.427	.108	-.554	.055	.421
	E	-.523	.574	-.337	.301	-.683	.654	-.205	.234	-.598	.622	-.280	.274	-.632	.656	-.238	.244
	M	.213	.202	.016	-.417	.199	.216	.010	-.425	.201	.222	.013	-.418	.215	.234	.011	-.429
Alimentation	K	-.388	.104	-.011	.295	-.414	.108	-.010	.315	-.408	.120	-.004	.292	-.401	.128	-.002	.275
	L	.066	-.500	.016	.418	.071	-.507	.016	.421	.070	-.528	.022	.436	.070	-.540	.025	.446
	E	-.053	.118	-.217	.153	-.050	.121	-.212	.141	-.013	.133	-.435	.315	-.005	.141	-.486	.350
	M	.028	.062	.003	-.093	.032	.065	.0028	-.100	.030	.075	.009	-.114	.028	.063	.011	-.122
Textile	K	-.389	.212	-.006	.184	-.447	.246	-.005	.206	-.442	.250	-.003	.195	-.468	.276	-.001	.193
	L	.085	-.490	.007	.399	.103	-.490	.006	.381	.101	-.489	.008	.379	.112	-.484	.010	.362
	E	-.033	.086	-.304	.250	-.032	.098	-.226	.160	-.017	.122	-.307	.203	-.004	.150	-.327	.181
	M	.028	.151	.007	-.186	.039	.174	.005	-.218	.037	.178	.007	-.221	.042	.195	.006	-.244
Autres industries	K	-.525	.213	-.005	.316	-.559	.224	-.001	.336	-.534	.204	-.004	.334	-.534	.221	-.001	.314
	L	.093	-.811	.014	.704	.109	-.802	.015	.678	.096	-.824	.014	.714	.097	-.803	.018	.688
	E	-.027	.180	-.278	.125	-.009	.189	-.292	.112	-.024	.169	-.278	.132	-.003	.195	-.387	.195
	M	.050	.254	.004	-.307	.063	.263	.003	-.330	.054	.243	.004	-.301	.052	.261	.007	-.320
Construction	K	-.328	.245	-.035	.118	-.373	.288	-.025	.110	-.281	.249	-.032	.063	-.251	.253	-.037	.034
	L	.051	-.437	.012	.373	.059	-.425	.019	.219	.015	-.433	.020	.367	.043	-.430	.018	.371
	E	-.241	.423	-.376	.194	-.117	.421	-.606	.302	-.108	.389	-.643	.363	-.142	.407	-.582	.319
	M	.013	.199	.003	-.215	.014	.225	.008	-.248	.006	.207	.010	-.224	.0034	.214	.008	-.226
Agriculture	K	-.837	.398	-.003	.443	-.821	.287	-.002	.535	-.796	.227	-.001	.569	-.798	.257	-.001	.541
	L	.126	-.622	.013	.483	.152	-.730	.014	.564	.185	-.789	.015	.589	.181	-.758	.013	.564
	E	-.032	.539	-.675	.168	-.026	.451	-.639	.214	-.006	.404	-.615	.218	-.028	.453	-.578	.152
	M	.109	.376	.003	-.488	.135	.269	.003	-.408	.167	.211	.003	-.381	.163	.241	.002	-.406

augmentation du parc de machines, de véhicules ou de la superficie des locaux a pour effet d'accroître la demande absolue d'énergie. Le caractère d'indivisibilité des biens de capital fixe entrant dans nos modèles rend d'autre part difficile la distinction entre les investissements dits normaux et les investissements destinés à économiser l'énergie.

Il est néanmoins possible de fournir une justification au signe des élasticités, tout en intégrant dans le modèle les investissements d'économie. Nous supposons pour cela que l'élasticité-prix croisée entre l'énergie et le capital peut être décomposée en deux. Nous distinguons tout d'abord l'élasticité brute qui traduit les effets d'économie d'énergie. Ceux-ci sont réalisés dans le cadre d'une politique d'incitation qui a pour conséquence de diminuer le prix du capital. Dans ce contexte, des investissements technologiquement meilleurs viennent remplacer du matériel

consommant davantage d'énergie. Il y a donc à ce stade un phénomène de substitution de l'énergie vers le capital. Cependant la diminution du coût unitaire qui résulte de ces nouveaux investissements a pour effet de rendre les biens de capital fixe plus attrayants et stimule de ce fait la demande pour le nouveau matériel. L'accroissement du stock de capital a finalement pour conséquence d'augmenter la demande pour l'énergie. Cet effet induit peut être combiné avec l'effet brut pour donner un effet dit net, mesuré par une élasticité nette.

Le signe de cette élasticité est généralement négatif, le second effet l'emportant ici sur le premier. Globalement, le capital et l'énergie sont donc des facteurs complémentaires qui présentent également des liens de substitution⁷.

— L'énergie et les biens de consommation intermédiaires non énergétiques sont généralement substituables. Ces deux

facteurs sont cependant complémentaires dans trois secteurs caractérisés par une technique capital intensive : la sidérurgie, les métaux non ferreux et les minéraux métalliques. Si la substitution est possible dans les autres secteurs, il faut bien constater que cette possibilité est parfois assez limitée. Dans les fabrications métalliques, les autres industries et l'agriculture, les élasticités croisées entre l'énergie et les autres consommations (E_{EM}) sont proches de zéro. L'aptitude que présentent ces secteurs à procéder à une redistribution des achats en fonction du caractère énergétique de biens consommés est donc forcément limitée. Ils sont d'autant plus

⁷ L'approche mathématique du phénomène d'élasticités brute et nette est présentée dans un article récent de Berndt et Wood. Voir E. R. BERNDT, D. O. WOOD : *Engineering and Econometric Approaches to Industrial Energy Conservation and Capital Formation. A reconciliation.* — M.I.T., novembre 1977.

TABLEAU 2.2.2. — *Elasticités-prix directes et croisées — Comparaison des principaux résultats*

	E_{KK}	E_{LL}	E_{EE}	E_{MM}	E_{KL}	E_{KE}	E_{KM}	E_{LE}	E_{LM}	E_{EM}
Modèle de BERNDT et WOOD 1971	— .44	— .45	— .49	— .24	.30	— .16	.30	.03	.37	.46
Modèles belges Moyennes 1970	— .46	— .66	— .25	— .28	.22	— .04	.28	.06	.48	.06

vulnérables à une hausse soudaine du prix des combustibles.

— Le travail et le capital sont des facteurs substituables. Les estimations de nos élasticités-prix confirment les résultats obtenus avec des fonctions de production à deux inputs. Les contraintes de ces derniers modèles ne sont cependant plus d'usage dans les modèles translog et les valeurs des élasticités partielles de substitution entre les deux facteurs primaires varient dans le temps et entre secteurs. Les plus grandes élasticités-prix croisées capital-travail s'obtiennent pour les secteurs de la sidérurgie, des minéraux non métalliques et des fabrications métalliques. Les élasticités croisées sont beaucoup plus réduites dans les métaux non ferreux. Ce dernier secteur occupe, il est vrai, une faible proportion de la main-d'œuvre salariée belge.

— Sont aussi substituables dans tous les secteurs, les facteurs capital et consommation intermédiaire. Les élasticités-prix capital-consommation intermédiaire sont particulièrement élevées dans le secteur du papier (.85 en moyenne) et, dans une moindre mesure, dans l'agriculture (.55). A contrario, les élasticités sont peu significatives pour la sidérurgie et la construction (.05 et .07 en moyenne).

2.2.2 Les résultats de nos modèles *KLEM* peuvent être comparés avec les calculs réalisés par Berndt et Wood pour l'industrie américaine⁸. Ceux-ci confirment l'existence d'une relation de substitution entre les quatre facteurs de demande, mais une complémentarité entre le capital et l'énergie. On peut, d'autre part, noter quelques écarts entre les grandeurs respectives des élasticités⁹. L'élasticité-prix directe du travail vaut en moyenne —.66 dans nos modèles (année 1970). Elle s'élève à —.45 dans le cas américain (année 1971). L'élasticité prix de l'énergie vaut respectivement —.25

(notre modèle, année 1970) et —.45 (modèle de Berndt et Wood, année 1971). Les autres élasticités directes atteignent des niveaux tout à fait équivalents. Dans le cas des élasticités croisées, de grosses différences existent pour l'élasticité énergie-autres inputs (.46 pour Berndt et Wood, .06 pour notre modèle) ainsi que pour la relation entre le capital et l'énergie. Dans ce dernier cas, le phénomène de complémentarité semble être plus accentué aux Etats-Unis (E_{KE} vaut —.16 contre —.04).

2.3 Les relations entre les facteurs : hypothèse de séparabilité et conséquences des relations interfactorielles pour la politique économique

2.3.1 Nous avons pu constater dans le point précédent que les facteurs de demande pouvaient généralement se substituer entre eux, à l'exception des facteurs capital et énergie, complémentaires dans tous les secteurs. Le recours à des fonctions de coût comptant quatre inputs paraît de ce fait justifié si l'on tient compte de l'information contenue dans les relations de substitution. Cette information supplémentaire est-elle cependant suffisante et justifie-t-elle l'effort consenti, tant du point de vue méthodologique que sur le plan des statistiques ? A cet égard, le recours à un test en F permettant de vérifier l'hypothèse de séparabilité faible pourrait nous éclairer quant au bien fondé du choix de la fonction translog. L'hypothèse de séparabilité faible a trait à l'existence possible d'un groupe d'inputs (K, L) séparable des inputs E et M et donc de l'existence d'une fonction de production de type valeur ajoutée à 2 inputs ($V = V(K, L)$) qui puisse être estimée d'une manière autonome, sans grande perte d'information par rapport à la fonction initiale. Le test en F a été réalisé pour les 11 secteurs. Il consiste à comparer les variances résiduelles obtenues respectivement avec le modèle initial et avec un modèle auquel on applique la contrainte de séparabilité ($\beta_{KE} = \beta_{LE} = \beta_{KM} = \beta_{LM} = 0$).

L'imposition de la contrainte a pour effet de détériorer les résultats d'une manière significative dans 8 des 11 secteurs étudiés. Il faut, par conséquent, rejeter l'hypothèse de séparabilité faible dans la

majorité des secteurs. Il s'ensuit que des projections de la demande industrielle d'énergie ne peuvent être réalisées valablement sur base des seules valeurs ajoutées et doivent tenir compte des prévisions de prix des facteurs K, L, E , et M .

2.3.2 L'existence de relations de substitution entre les facteurs de demande entraîne des conséquences importantes sur le plan des politiques économiques pouvant être menées. C'est ainsi qu'un accroissement autonome du prix de l'énergie aurait pour effet de diminuer les quantités d'énergie consommées par unité de produit, mais aurait aussi éventuellement un effet dépressif sur la demande de capital. Cette hausse aurait, par contre, pour effet d'accroître les demandes pour le travail et les consommations intermédiaires.

A l'opposé, une réduction des charges financières supportées par les entreprises, sous forme de paiement d'intérêt, c'est-à-dire une diminution du coût du capital, rendrait la demande pour le capital plus attractive, mais aussi la demande pour l'énergie. Dans ce contexte, une combinaison des deux politiques de prix (c'est-à-dire une hausse du prix de l'énergie combinée avec une diminution du coût d'utilisation du capital) aurait pour avantage d'éviter la détérioration du bien-être des entreprises par une hausse unilatérale des coûts énergétiques, tout en rendant les biens d'investissements moindres consommateurs d'énergie plus attractifs.

Sur un autre plan, la complémentarité qui a été relevée entre l'énergie et les consommations intermédiaires pour certains secteurs risque d'entraver un recours proportionnellement plus important des entreprises aux inputs non énergétiques. Dans cette optique, un accroissement des prix de l'énergie ne peut qu'avoir un effet négatif sur le coût unitaire de production, par manque d'ajustements des structures d'inputs.

Enfin, le phénomène de substitution relevé entre le facteur travail et l'énergie est de nature à démentir l'idée selon laquelle la croissance énergétique permet de créer des emplois. Une stagnation du prix de l'énergie destinée à encourager son utilisation, combinée avec une croissance tendancielle du prix du travail, ne provoquera qu'une substitution généralisée du travail vers les produits énergétiques.

Adresse des auteurs :

Francis Bossier
Dirk Duwein
Bureau du Plan
Av. des Arts, 47-49
1040 Bruxelles (Belgique)

⁸ BERNDT, E. R., WOOD, D. O. : *Technology, Prices and the Derived Demand for Energy*. Review of Economics and Statistics, août 1975.

⁹ Le modèle *KLEM* de Berndt et Wood est relatif à l'industrie manufacturière des Etats-Unis. Il est estimé sur la période 1947-1971. Nos élasticités constituent une moyenne non pondérée des élasticités calculées pour les secteurs industriels.