

# Productivité, progrès technique et efficacité :

Une étude comparative

de 14 secteurs industriels belges

Fabienne FECHER, Sergio PERELMAN \*

**RÉSUMÉ.** – L'objet de cette étude, basée sur l'estimation économétrique de frontières de production déterministes, est d'étudier et de comparer, au cours de la période 1977-1983, 14 secteurs de l'industrie manufacturière belge, à partir d'un échantillon composé d'un millier d'entreprises. On s'intéresse en particulier à la décomposition des gains en productivité en progrès technique et efficacité, à la comparaison des niveaux d'efficacité technique atteints au sein de chaque secteur, ainsi qu'à l'impact des dépenses en recherche et développement sur ces performances.

---

**Total factor productivity, technical progress and efficiency: a comparative study of 14 Belgian industrial sectors**

**ABSTRACT.** – The purpose of this study based on the econometric estimation of deterministic frontier production functions is to examine and to compare for the period 1977-1983, 14 sectors of the Belgian manufacturing industry from a sample of a thousand firms. We are especially interested in breaking down total factor productivity changes into technological progress and changes in technical efficiency, comparing efficiency levels in every sector, and in defining the impact of R-D spending on these performances.

---

\* F. FECHER, S. PERELMAN : Université de Liège, Département d'Économie, Boulevard du Rectorat, 7 (B31), 4000 - Sart-Tilman/Liège, Belgique.

Les auteurs tiennent à remercier H. Cremer, A. Luttgens, P. Pestieau et deux lecteurs anonymes pour leurs précieux conseils ainsi que les Services de Programmation de la Politique Scientifique belges pour leur soutien financier.

# 1 Introduction

---

L'objet de cette note est d'étudier et de comparer, au cours de la période 1977-1983, 14 secteurs de l'industrie manufacturière belge, sur base d'un échantillon composé de plus d'un millier de grandes et moyennes entreprises. On s'intéresse en particulier à l'analyse de la formation des gains en productivité, ainsi qu'à l'impact des dépenses en recherche et développement (R-D) sur ces performances techniques.

L'approche adoptée ici repose sur l'estimation économétrique de frontières de production déterministes pour chacun des secteurs envisagés. La technique de production est représentée par des fonctions de type translog qui ont la caractéristique marquante, outre leur généralité, d'incorporer un trend comme facteur représentatif du progrès technique.

Ces estimations permettent de distinguer la part du progrès technique et des gains en efficacité dans la formation des gains en productivité, tant au niveau individuel que sectoriel. Cette distinction est évidemment d'une importance considérable par ses implications en termes de politique économique. En effet, un taux élevé de progrès technique peut coexister avec une inefficience technique due, par exemple, à une mauvaise gestion des technologies, du capital humain ou physique. Cela pourrait donner lieu à un taux de changement faible, voire négatif, de la productivité totale des facteurs. Outre cette distinction, on montre l'importance du biais introduit dans la mesure des gains en productivité lorsque ceux-ci sont calculés par la méthode traditionnelle des nombres indices.

Le texte est organisé de la façon suivante : dans la section 2, on aborde l'ensemble des aspects méthodologiques relatifs aux estimations économétriques ; la section 3 est consacrée à la description de l'échantillon et à celle des principales variables utilisées ; les résultats des estimations sont présentés dans la section 4 où nous nous livrons à des comparaisons inter-sectorielles ; dans la section 5, on analyse les effets de la R-D sur le progrès technique et les gains en productivité ; enfin, dans la dernière section nous présentons les conclusions.

## 2 Méthodologie

---

Progrès technique, efficacité et productivité sont des termes souvent employés comme synonymes alors qu'ils décrivent des aspects différents de l'activité des entreprises. C'est la raison pour laquelle nous commençons

par montrer leur spécificité en suivant l'approche proposée par NISHIMIZU et PAGE [1982].

## 2.1. Les mesures de productivité

On supposera que l'on dispose de l'information nécessaire pour représenter la frontière de production de chaque activité industrielle :

$$(1) \quad y^F(t) = g^F[\mathbf{x}(t), t]$$

où  $y^F(t)$  indique l'output maximal réalisable, à l'instant  $t$ , avec une dotation en facteurs représentée par le vecteur  $\mathbf{x}(t)$ .  $y^F(t)$  et  $\mathbf{x}(t)$  sont exprimés sous forme logarithmique.

Considérons maintenant le cas d'une entreprise située à l'intérieur de l'enveloppe de production. Cette entreprise est inefficace du point de vue technique dans la mesure où, pour diverses raisons, elle ne réalise pas l'output potentiel maximal. On représente par  $g^I[.]$  la fonction de production correspondant à ce type d'entreprise :

$$(2) \quad y^I(t) = g^I[\mathbf{x}(t), t] \leq g^F[\mathbf{x}(t), t].$$

A partir de (1) et (2), nous définissons le degré d'efficacité technique  $e^I$  atteint par l'entreprise I, par l'écart suivant :

$$(3) \quad e^I(t) = y^I(t) - y^F(t).$$

Si l'on admet d'autre part que  $g^F[.]$  et  $g^I[.]$  sont des fonctions bien définies pour des valeurs positives de  $\mathbf{x}(t)$  et qu'elles réunissent les propriétés habituelles de dérivabilité, leurs dérivées par rapport à  $t$  s'écrivent :

$$(4) \quad \dot{y}^i(t) = g_t^i + g_x^i \dot{\mathbf{x}}(t), \quad i = F, I,$$

où  $g_t^i$  et  $g_x^i$  indiquent respectivement les dérivées partielles de  $g^i[\mathbf{x}(t), t]$  par rapport à  $t$  et à  $\mathbf{x}(t)$ . Les  $g_x^i$  ne sont autres que les élasticités partielles d'output.

Habituellement, le terme  $g_t^i$  s'interprète comme le progrès technique. Ceci est certainement le cas pour  $g_t^F$  qui résume les déplacements de la frontière de production au cours du temps. Par contre, pour l'entreprise « intérieure », le terme  $g_t^I$  correspond à une mesure de la productivité totale des facteurs qui, comme nous le verrons, n'est pas représentative du progrès technique. En effet, on déduit de (4) :

$$(5) \quad g_t^I - g_t^F = e^I(t) - (g_x^I - g_x^F) \dot{\mathbf{x}}(t).$$

Les deux termes de droite indiquent donc la source de cette différence. Le premier terme correspond aux gains ou pertes en efficacité technique de l'entreprise I au cours de la période  $t$ , c'est-à-dire  $e^I(t) = y^I(t) - y^F(t)$ . Le second terme résulte de la différence entre la technique de production appliquée par l'entreprise I et celle correspondant à la « meilleure pratique » ; ce terme est représenté par l'écart entre les élasticités partielles d'output.

La méthode traditionnelle des nombres indices substitue à ces mesures d'élasticité la part des facteurs dans l'output lors de l'estimation de la productivité totale des facteurs. Nous allons voir que cette substitution est à l'origine de biais supplémentaires dans la mesure du progrès technique.

En effet, l'indice de productivité totale des facteurs le plus souvent utilisé est l'indice de TORNOVIST [1936] qui peut être défini de la façon suivante :

$$(6) \quad g_t^I = y^I(t) - s_x^I \dot{x}(t).$$

où  $s_x^I$  indique la part de chaque facteur dans l'output, part établie sur base d'une moyenne bisannuelle. On observe par rapport à (4) que :  $s_x^I = g_x^I$ .

En concurrence parfaite, cet indice est exact pour la fonction de production translog homogène (DIEWERT [1976]). Cette hypothèse n'est cependant plus vérifiée en cas d'inégalité entre prix et productivité marginale des facteurs.

C'est la raison pour laquelle nous définissons, à l'instar de NISHIMIZU et PAGE [1982], une nouvelle mesure de la productivité totale de facteurs  $\hat{g}_t^I$ . Cette mesure résulte de la somme du progrès technique et des gains ou pertes en efficacité :

$$(7) \quad \hat{g}_t^I = g_t^F + e^I(t).$$

En d'autres termes, la différence entre (6) et (7) a deux sources :  $s_x^I = g_x^I$  et  $e^I(t) = 0$ . On illustrera ces différents concepts à l'aide de la Figure 1.

On suppose que l'entreprise I se situe initialement en A, sur la frontière de production indiquée par la courbe  $t$ . A la période suivante, cette frontière se déplace en  $t+1$ , le progrès technique  $g_t^F$  étant indiqué par le segment CH. Supposons alors que l'entreprise I se place au point B, devenant par là techniquement inefficace. La perte d'efficacité  $e^I(t)$  est indiquée par la distance BC.

Nous allons distinguer deux cas. En l'absence de progrès technique et avec la technologie de production représentée par la courbe  $t$ , l'output à la période  $t+1$  se placerait en H, avec  $DH = g_x^F \dot{x}(t) dt$  selon (4). Si par contre les élasticités d'output, représentées par la part des facteurs dans l'output, sont celles correspondant à l'entreprise I, l'output attendu en l'absence de progrès technique sera situé en un point tel que K.

Dans le premier de ces deux cas, la productivité totale des facteurs  $\hat{g}_t^I$  correspond à la somme du progrès technique et des gains ou pertes en efficacité et est mesurée par le segment BH. Dans le deuxième cas, la productivité totale des facteurs  $\hat{g}_t^I$  correspond au segment BK, supérieur à BH dans notre exemple. La différence est expliquée par la manière dont les élasticités d'échelle sont évaluées par chacune des méthodes, comme le montre l'équation (5).

L'estimation des gains en productivité et leur décomposition en progrès technique et en gains en efficacité se fondent donc sur l'estimation de frontières de production pour chacune des activités envisagées.

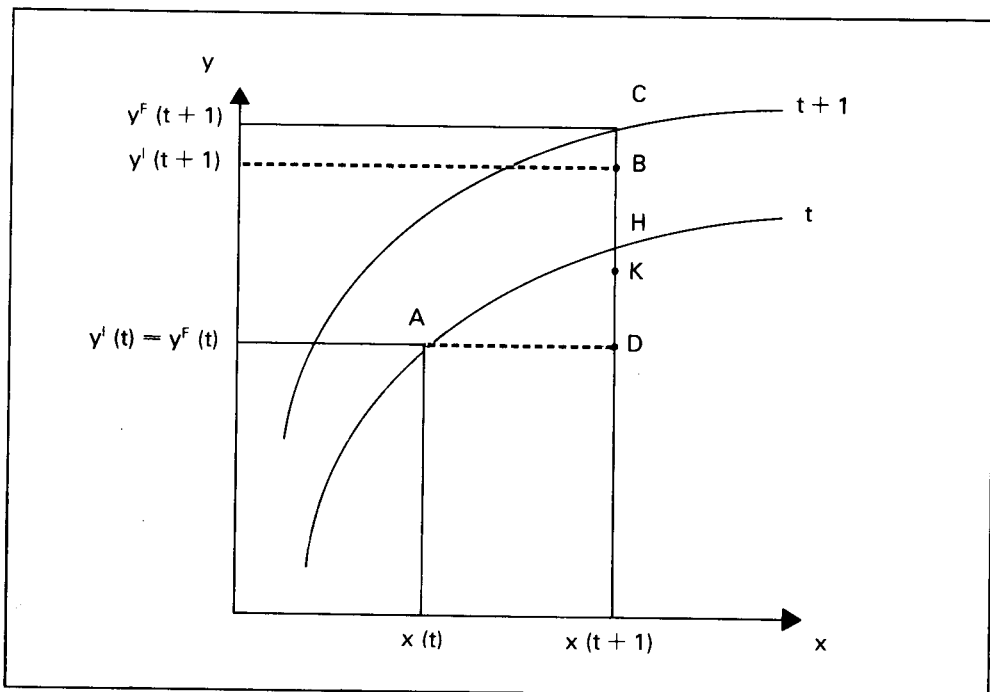


FIGURE 1

## 2.2. L'estimation des frontières de production

La frontière de production peut être construite de différentes façons. Elle peut être définie de façon purement théorique, par des ingénieurs, sur base de leurs connaissances des différentes opérations nécessaires à la transformation d'inputs en outputs. Elle peut aussi être construite sur base des situations de production observées. Dans la suite de cette note, nous suivrons cette seconde voie qui correspond à la notion de « best practice ».

En outre, diverses méthodes existent pour estimer les frontières de production<sup>1</sup>. Celle que nous utilisons est de type paramétrique. Son avantage par rapport aux méthodes non-paramétriques est d'appréhender, outre le degré d'efficacité atteint par les entreprises, certaines caractéristiques du processus de production.

1. Pour un survol de ces méthodes, voir FØRSUND, LOVELL et SCHMIDT [1980].

L'équation sur laquelle reposent les méthodes paramétriques se déduit de (1), (2) et (3) :

$$(8) \quad y^l(t) = g^F[\mathbf{x}(t), t] + e^l(t), \quad e^l(t) \leq 0.$$

A partir des observations correspondant à une ou plusieurs entreprises, on peut estimer la frontière de production par inférence statistique <sup>2</sup>, après avoir défini les caractéristiques attendues de la distribution du terme d'efficacité  $e^l(t)$ .

On obtient ainsi des frontières de type déterministe, par opposition à celles de type stochastique qui sont estimées en considérant, outre le terme  $e^l(t)$ , un terme aléatoire supplémentaire.

La deuxième proposition, sans doute la plus intéressante sur le plan théorique, présente certaines difficultés sur le plan empirique. En effet, il est assez difficile d'identifier les deux composantes de l'erreur, si ce n'est à un niveau général et pour l'ensemble des secteurs ainsi que le font remarquer FØRSUND, LOVELL et SCHMIDT [1980] <sup>3</sup>. C'est cette raison qui nous conduit, dans la suite de cette note, à estimer des frontières de production de type déterministe.

Quant à la distribution du terme d'efficacité,  $e^l(t)$ , différentes hypothèses sont proposées dans la littérature : distributions exponentielle, gamma ou semi-normale... parmi d'autres <sup>4</sup>. Les paramètres de la fonction  $g^F[.]$  sont dès lors estimés par la méthode du maximum de vraisemblance en spécifiant la distribution du terme d'efficacité. On a montré cependant (SCHMIDT [1976] et THIRY [1985]) que les estimateurs obtenus par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) sont convergents et asymptotiquement efficaces à la seule exception de la constante. On corrige cette dernière en lui ajoutant le moment de premier ordre de la distribution statistique correspondante, dont l'estimation est aisée à partir des résidus obtenus par les MCO.

Cette dernière approche a l'inconvénient de ne pas garantir pour l'ensemble des observations un terme d'efficacité de signe négatif. GREENE [1980] a proposé une autre approche. Elle consiste à corriger la constante par le résidu positif le plus élevé résultant de la régression par les MCO ou en d'autres termes à déplacer la fonction de production moyenne, estimée par les MCO, jusqu'à la frontière déterminée par cette observation extrême.

C'est cette approche que nous utilisons pour l'estimation des gains en efficacité présentés à la section 4.2.

Enfin, en ce qui concerne la forme de la fonction  $g^F[\mathbf{x}(t), t]$ , nous avons opté pour la fonction « translog » (transcendental logarithmic), proposée

---

2. Les frontières déterministes peuvent également être estimées par programmation linéaire ou quadratique (AIGNER et CHU [1968]).

3. Signalons que JONDROW *et al.* [1982] proposent une méthode permettant d'estimer les inefficacités techniques au niveau individuel conditionnellement à la distribution estimée de l'erreur composée.

4. DEPRINS [1986] considère d'autres distributions : Weibull, Log-Normales et Log-Logistic. L'auteur propose également une méthode pour choisir la distribution appropriée. Cette méthode est fondée sur l'analyse de la forme de la distribution à partir des résidus obtenus par les MCO.

par CHRISTENSEN *et al.* [1971]. Celle-ci a pour principale caractéristique sa généralité : aucune contrainte n'est imposée a priori sur le niveau de variabilité des élasticités d'échelle et de substitution. Nous présentons cette fonction dans l'Annexe I.

### 3 Description de l'échantillon et des variables utilisées

---

Les méthodes présentées dans la section précédente ont été appliquées à un échantillon composé de plus d'un millier de moyennes et grandes entreprises appartenant à différents secteurs de l'industrie manufacturière belge.

Les données disponibles proviennent pour l'essentiel de deux sources : la Centrale des Bilans de la Banque Nationale de Belgique (BNB) pour les séries en valeurs relatives à l'output, aux matières et au capital et l'Office National de Sécurité Sociale (ONSS) pour les informations concernant l'emploi.

Les quatorze secteurs sélectionnés pour cette étude couvrent, ainsi qu'il ressort du tableau 1, un large éventail d'activités de l'industrie manufacturière. La classification adoptée repose sur les regroupements réalisés par la BNB d'après la Nomenclature d'Activités des Communautés Européennes (NACE), dont les détails sont présentés dans l'Annexe II.

Quant à la sélection des entreprises retenues dans l'échantillon, nous avons procédé en trois étapes :

(a) Tout d'abord, nous avons retenu les seules entreprises des secteurs indiqués qui déposent leurs comptes annuels à la BNB selon un schéma complet <sup>5</sup>. Il faut signaler en effet que seules sont soumises à cette obligation les entreprises qui rencontrent au moins un des critères suivants : 1. le chiffre d'affaires annuel, hors taxe sur la valeur ajoutée, est supérieur à 50 millions de FB, 2. le total bilantaire est supérieur à 25 millions de FB, 3. le nombre de travailleurs occupés, en moyenne annuelle, est supérieur à 50.

(b) La période d'observation couvre les années 1977 à 1983. Le choix de cette période a été dicté par la disponibilité des données comptables de la Centrale des Bilans. Nous avons dès lors retenu dans l'échantillon exclusivement les entreprises pour lesquelles l'information disponible couvrait effectivement la totalité de cette période.

---

5. C'est l'Arrêté Royal du 12 septembre 1983, portant exécution de la Loi du 17 juillet 1975 relative à la comptabilité et aux comptes annuels des entreprises, qui détermine la forme et le contenu des bilans, des comptes de résultats et de l'annexe, pour les entreprises dont le dépôt légal de ces comptes est obligatoire.

TABLEAU 1

*Représentativité de l'échantillon par secteur et par taille <sup>(1)</sup>*

Secteurs	Taille (nombre de travailleurs)					Total
		1-49	50-199	200-499	500 et +	
1. Transformation de métaux. . . . .	<i>n</i>	13	30	5	3	51
	%	1.32	34.48	26.31	21.42	4.64
2. Extraction de minéraux autres que métalliques et énergétiques, tourbières.	<i>n</i>	7	12	4	0	23
	%	4.21	57.14	50.00	0.00	11.67
3. Industrie des produits non métalliques . . . . .	<i>n</i>	35	44	15	11	105
	%	2.48	44.89	55.55	84.61	6.78
4. Industrie chimique . . .	<i>n</i>	19	28	18	11	76
	%	4.66	32.55	42.85	39.28	13.49
5. Fabrication d'outillage et d'articles finis en métaux, à l'exclusion du matériel électrique . . . .	<i>n</i>	14	33	6	5	58
	%	1.79	37.5	54.54	35.71	6.48
6. Construction métallique, chaudronnerie, tôlerie, construction navale et ferroviaire . . . . .	<i>n</i>	12	33	6	5	56
	%	1.03	35.48	35.29	45.45	4.35
7. Construction mécanique, aéronautique, fabrication d'instruments de précision. . . . .	<i>n</i>	30	54	21	13	118
	%	2.61	39.13	51.21	54.16	8.73
8. Construction électrique, électronique, de machines de bureau, d'ordinateurs . . . . .	<i>n</i>	9	24	17	16	66
	%	2.18	50.00	80.95	50.00	12.89
9. Industrie des produits alimentaires, des boissons et du tabac. . . . .	<i>n</i>	114	78	21	10	223
	%	1.68	36.79	38.88	25.00	3.15
10. Industrie textile . . . . .	<i>n</i>	44	70	34	8	156
	%	3.99	32.71	59.64	38.09	11.19
11. Industrie des chaussures et de l'habillement . . . .	<i>n</i>	18	33	8	1	60
	%	0.77	16.75	27.58	14.28	2.35
12. Industrie du bois et du meuble en bois. . . . .	<i>n</i>	38	56	11	2	107
	%	1.58	35.22	61.11	50.00	4.16
13. Industrie du papier et fabrication d'articles en papier, imprimerie et édition. . . . .	<i>n</i>	26	66	14	12	118
	%	1.14	48.52	45.16	50.00	4.80
14. Industrie du caoutchouc. Transformation de matières plastiques. . .	<i>n</i>	21	35	8	5	69
	%	5.10	44.30	66.66	100.00	13.60
TOTAL . . . . .	<i>n</i>	400	596	188	102	1 286
	%	1.84	35.99	48.45	42.85	5.36

<sup>(1)</sup> En pourcentage du nombre total d'entreprises de chaque secteur reprises à la Centrale des Bilans et par taille (année 1980).



(c) Enfin, certaines entreprises ont été écartées en raison de divergences trop importantes et parfois incohérentes entre les différentes séries de données. Ces divergences seraient vraisemblablement dues à des processus de fusions ou de fermetures d'entreprises.

L'échantillon final constitue un panel de 1 286 entreprises dont le détail apparaît au tableau 1. On observe que la représentativité de l'échantillon varie, selon le secteur, de 2,3% (chaussures et habillement) à 13,6% (caoutchouc et matières plastiques) du nombre total d'entreprises des secteurs, avec une moyenne générale de 5,4%. Cependant, pour les entreprises de plus de 50 travailleurs, cette représentativité atteint des valeurs supérieures à 35%. La taille des échantillons sectoriels oscille quant à elle entre 23 (extraction de minéraux) et 223 (produits alimentaires) entreprises.

Afin d'estimer les frontières de production, nous avons retenu comme variables représentatives de l'output et des inputs les grandeurs suivantes :

Y : l'output total, représenté par la valeur globale des « ventes et prestations de services »<sup>6</sup>; on adopte en cela l'agrégation des divers produits par leurs prix de vente comme hypothèse de travail.

L : le facteur travail désigne l'emploi total et est mesuré par le nombre de travailleurs, manuels et intellectuels (selon la dénomination ONSS); il est établi sur base d'une moyenne annuelle à partir des données de début et de fin d'année.

K : le facteur capital est représenté par le poste « immobilisations corporelles » et correspond à la valeur d'acquisition des terrains, installations, machines et matériel roulant, nette des amortissements et des réductions de valeur, auxquels doivent s'ajouter les plus-values actées.

M : les matières incorporées au processus de production dont le montant total est celui du poste « marchandises, matières premières, matières consommables et fournitures »; ce sont les consommations intermédiaires.

L'hypothèse d'agrégation de l'output est également adoptée pour les facteurs capital (K) et matières (M). Ces variables sont en outre déflatées par les indices de prix implicites des Comptes Nationaux (INS [1986]) : pour l'output (Y) et les matières (M), on utilise l'indice de la valeur ajoutée brute (mesurée au coût des facteurs) de la branche d'activité analysée<sup>7</sup>. Pour le capital (K), on recourt à l'indice de la formation intérieure brute de capital.

Il faut signaler que des spécifications alternatives des fonctions de production sont envisageables. Ainsi, par exemple, on sait que les variables Y et M sont habituellement fortement corrélées. Afin d'éviter une surestimation des élasticités partielles output-matières, on pourrait définir l'output par la

---

6. On fait ici référence aux postes du bilan et des comptes de résultat des entreprises, selon la terminologie fixée par l'Arrêté Royal du 8 octobre 1976.

7. Deux raisons justifient ce choix. D'abord, on suppose généralement que sur une courte période (ici 1977 à 1983), les prix de l'« output » et des consommations intermédiaires évoluent de la même manière. Ensuite, notre choix s'est porté sur l'indice des prix de la valeur ajoutée car cet indice est le seul qui soit disponible et fiable en Belgique, pour le niveau de désagrégation choisi dans ce travail.

valeur ajoutée à la production et supprimer ainsi des estimations l'input matières (MAIRESSE et CUNÉO [1985]). Mais cela suppose une restriction de séparabilité entre les autres facteurs et les matières à l'intérieur des fonctions de production<sup>8</sup> (DENNY et MAY [1978]). Nos résultats, présentés dans la section 4.1, vont à l'encontre de cette hypothèse de séparabilité qui serait vérifiée notamment par l'égalité des taux de substitution des inputs capital et travail par rapport aux matières (voir tableau 4 et section 4.1).

Le tableau 2 présente, à titre illustratif, l'évolution de ces différentes variables au cours de la période 1977-1983, en valeurs moyennes, pour l'ensemble des entreprises de l'échantillon.

On remarque le taux de croissance élevé pour les variables représentatives de l'output et des matières, en particulier pour les secteurs de la chimie (91,5% et 111,8%, respectivement) et du textile (77,6% et 90,3%, respectivement).

On soulignera cependant que, dans tous les secteurs, à l'exception de la construction métallique (secteur 6), l'emploi total diminue au cours de la période. Cette évolution est particulièrement marquée dans les secteurs 2 et 3 (extraction et transformation des minéraux non métalliques).

Les variations du facteur capital sont de signes divers; on remarque surtout les taux élevés dans les secteurs 5 (fabrication d'outillage et d'articles finis en métaux) et 10 (industrie textile), et la baisse importante dans le secteur 4 (chimie).

## 4 Résultats

---

La section 4.1 est consacrée à l'analyse des structures productives résultant de l'estimation des fonctions de production. Rappelons-le, les principaux résultats théoriques servant de base à ces analyses sont exposés à l'Annexe I. Dans la section 4.2, nous présentons les résultats relatifs à la décomposition des gains de productivité en suivant la méthodologie décrite dans la section 2.

### 4.1. Fonctions de production

Le tableau 3 reprend l'ensemble des estimations des fonctions translog correspondant aux 14 secteurs étudiés. A partir de ces estimations, nous avons procédé à l'analyse des caractéristiques techniques des procédés de

---

8. Cette restriction supposerait que l'élasticité de substitution entre capital et travail ne se modifie pas suite à la prise en compte du facteur matières.

TABLEAU 2

*Variations de l'output et des inputs par secteur, 1977 à 1983 (en %) (1)*

Secteurs	Output	Emploi total	Capital	Matières
1. Transformation de métaux . . .	42.74	-12.06	-8.24	52.02
2. Extraction de minéraux autres que métalliques et énergétiques, tourbières. . . . .	36.01	-22.79	-16.81	27.23
3. Industrie des produits non métalliques . . . . .	11.09	-28.77	-18.06	22.08
4. Industrie chimique . . . . .	91.50	-3.51	-25.46	111.84
5. Fabrication d'outillage et d'articles finis en métaux, à l'exclusion du matériel électrique . .	42.41	-13.17	28.52	53.11
6. Construction métallique, chaudronnerie, tôlerie, construction navale et ferroviaire . . . . .	44.16	6.03	9.71	30.00
7. Construction mécanique, aéronautique, fabrication d'instruments de précision . . . . .	34.43	-10.19	-0.91	48.71
8. Construction électrique, électronique, de machines de bureau, d'ordinateurs . . . . .	20.93	-13.60	-3.50	23.05
9. Industrie des produits alimentaires, des boissons et du tabac	29.86	-5.22	6.67	33.25
10. Industrie textile . . . . .	77.60	-12.60	28.51	90.32
11. Industrie des chaussures et de l'habillement . . . . .	26.78	-7.59	18.48	25.82
12. Industrie du bois et du meuble en bois. . . . .	27.32	-6.07	-2.42	34.47
13. Industrie du papier et fabrication d'articles en papier, imprimerie et édition. . . . .	32.15	-2.46	16.74	38.08
14. Industrie du caoutchouc. Transformation de matières plastiques. . . . .	60.64	-1.68	8.79	70.63

(1) Variations estimées sur base des valeurs agrégées sectorielles.

TABLEAU 3

*Estimations des fonctions de production sectorielles.*

Secteurs Coefficients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\alpha_0$ . . . . .	11.151 **	-3.773	15.004 **	9.571 **	12.029 **	16.371 **	12.035 **	4.205 **	7.592 **	8.180 **	11.286 **	11.582 **	19.467 **	10.339 **
$\alpha_1$ . . . . .	-0.043	-0.593 **	0.157 **	-0.173 **	-0.035	-0.058	0.004	0.007	0.042 *	0.144 **	-0.085	0.063	0.072	0.151 **
$\alpha_{11}$ . . . . .	0.009 **	-0.014 *	-0.001	-0.008 **	-0.002	-0.004	-0.008	-0.003	-0.001	-0.004 **	-0.00002	-0.003 *	-0.002	-0.008 **
$\alpha_{1K}$ . . . . .	0.004	0.025	0.002	-0.004	0.004	-0.008	0.010 **	0.0003	0.005 **	0.001	0.010 *	0.001	-0.004	-0.002
$\alpha_{1L}$ . . . . .	0.002	-0.083 **	0.015 *	0.018 **	-0.003	0.007	-0.003	-0.001	0.0002	0.015 **	0.006	0.009 *	0.019 **	0.013 **
$\alpha_{1M}$ . . . . .	-0.005	0.062 **	-0.016 **	-0.007	0.001	0.013	-0.006	0.004	-0.006 **	-0.013 **	-0.003	-0.006	-0.004	-0.007
$\beta_K$ . . . . .	0.161	2.365 *	-0.087	-0.026	0.095	-0.257	-0.159	0.187 *	0.245 **	0.114	0.202	-0.061	-0.684 **	-0.188
$\beta_L$ . . . . .	1.149 **	-5.547 **	1.878 **	1.777 **	1.623 **	2.363 **	1.213 **	0.403 *	1.297 **	1.390 **	0.894 **	1.851 **	3.180 **	1.724 **
$\beta_M$ . . . . .	-0.786 **	1.834 *	-1.431 **	-0.639 **	-0.994 **	-1.527 **	-0.621 **	0.428 *	-0.446 **	-0.491 **	-0.752 **	-0.920 **	-1.810 **	-0.592 **
$\beta_{KK}$ . . . . .	0.007 *	-0.094	0.034 **	0.021 **	0.006	0.014	0.009	0.017 **	0.010 **	0.004	-0.028 **	-0.007	0.023 **	0.014 *
$\beta_{LL}$ . . . . .	0.018	-0.278 **	0.048 **	0.096 **	0.132 **	0.116 **	0.038 **	0.001	0.047 **	0.057 **	0.021 *	0.076 **	0.245 **	0.086 **
$\beta_{MM}$ . . . . .	0.089 **	-0.072	0.130 **	0.088 **	0.078 **	0.112 **	0.074 **	0.036 **	0.076 **	0.083 **	0.070 **	0.077 **	0.107 **	0.073 **
$\beta_{KL}$ . . . . .	0.073 **	0.362 **	0.023	0.013	-0.040 **	0.004	0.051 **	0.038 **	0.028 **	0.047 **	0.070 **	0.010	-0.111 **	-0.001
$\beta_{KM}$ . . . . .	-0.039 **	-0.105	-0.058 **	-0.34 **	0.006	-0.002	-0.020 **	-0.054 **	-0.039 **	-0.027 **	0.007	0.016 *	0.043 **	-0.008
$\beta_{ML}$ . . . . .	-0.139 **	0.318 **	-0.170 **	-0.179 **	-0.145 **	-0.230 **	-0.131 **	-0.037 *	-0.126 **	-0.166 **	-0.125 **	-0.171 **	-0.262 **	-0.159 **
$\chi^2$ . . . . .	357	161	728	532	405	391	823	461	1559	1091	420	748	824	479
$R^2$ . . . . .	0.9775	0.9359	0.9704	0.9902	0.9825	0.9651	0.9732	0.9913	0.9909	0.9796	0.9355	0.9781	0.9628	0.9859

Note : \*\* significatif au seuil de 1 % ; \* significatif au seuil de 5 %.

production utilisés. Celles-ci sont résumées au tableau 4, où sont reproduites les élasticités partielles d'output, d'échelle et de substitution.

D'une manière générale l'hypothèse de monotonie, vérifiée par la non-négativité des élasticités partielles d'output par rapport aux facteurs, est confirmée, sauf pour l'input capital au sein du secteur 13 (industrie du papier).

On remarque par ailleurs les faibles élasticités correspondant au facteur capital, sauf pour les industries d'extraction et de transformation (1, 2 et 3). Cela contraste avec les niveaux assez élevés que présentent les élasticités correspondant aux matières et au travail.

Il ressort du tableau 5 que l'hypothèse de rendements d'échelle constants est rejetée pour l'ensemble des secteurs sur base de tests de Fisher. Les valeurs moyennes des élasticités d'échelle présentées pour chaque secteur au tableau 4 varient quant à elles entre 0.89 (secteur 11) et 1.03 (secteur 8). Ces valeurs moyennes calculées sur l'ensemble des entreprises bien que proches de la valeur unitaire cachent une dispersion au sein de chaque secteur non négligeable.

Remarquons encore que les hypothèses d'homogénéité, mais aussi l'hypothèse concernant l'existence de techniques de production du type Cobb-Douglas sont également rejetées pour l'ensemble des secteurs.

Les élasticités de substitution, estimées pour des valeurs moyennes des divers facteurs, sont présentées dans le tableau 4. On constate que la plupart des secteurs se caractérisent par la substituabilité des trois facteurs étudiés. Les seules exceptions correspondent aux secteurs 6 (construction métallique) et 13 (industrie du papier) caractérisés par la complémentarité des facteurs travail et matières. On remarquera en outre la faible substituabilité entre les facteurs capital et travail au sein des secteurs 2 (extraction de minéraux non métalliques), 11 (industrie des chaussures et de l'habillement) et 13 (industrie du papier). Il en va de même pour les secteurs 11 (industrie des chaussures et de l'habillement) et 13 (industrie du papier) en ce qui concerne la substituabilité entre capital et matières et pour le secteur 2 (extraction de minéraux non métalliques) caractérisé par l'extrême inélasticité entre travail et matières.

Les derniers tests d'hypothèse du tableau 5 relatifs au progrès technique conduisent à rejeter l'hypothèse d'absence de progrès technique pour l'ensemble des estimations sectorielles; par contre, l'hypothèse d'absence de progrès technique neutre est acceptée pour un certain nombre de secteurs (1, 5, 6 et 8).

## 4.2. Progrès technique et productivité

Dans cette section, nous présentons les résultats correspondant à la mesure des gains en productivité au sein des 14 secteurs étudiés. Ces résultats, repris dans le tableau 6, ont été obtenus par l'application de la méthodologie décrite à la section 2.

Tout d'abord, la mesure de la productivité totale de facteurs (PTF) résultant de l'estimation de frontières de production déterministes [éq. (7)],

## Présentation des élasticités partielles de l'output par rapport aux inputs, de l'élasticité d'échelle et des élasticités de substitution par secteur

Secteurs	Elasticité d'output par rapport au travail ( <sup>1</sup> ) $\sigma_L$	Elasticité d'output par rapport au capital ( <sup>1</sup> ) $\sigma_K$	Elasticité d'output par rapport aux matières ( <sup>1</sup> ) $\sigma_M$	Rendements à l'échelle ( <sup>1</sup> ) $\sigma_e$	Elasticité de substitution capital-travail ( <sup>2</sup> ) $\sigma_{KL}$	Elasticité de substitution capital-matières ( <sup>2</sup> ) $\sigma_{KM}$	Elasticité de substitution travail-matières ( <sup>2</sup> ) $\sigma_{LM}$
1. Transformation de métaux . . . . .	0.32	0.13	0.53	0.99	0.82	1.37	2.10
2. Extraction de minéraux autres que métalliques et énergétiques, tourbières . . . . .	0.42	0.25	0.29	0.97	0.33	0.80	0.37
3. Industrie des produits non métalliques . . . . .	0.38	0.13	0.49	1.01	1.58	3.49	4.14
4. Industrie chimique . . . . .	0.32	0.09	0.60	1.02	1.76	2.20	7.50
5. Fabrication d'outillage et d'articles finis en métaux, à l'exclusion du matériel électrique . . . . .	0.33	0.04	0.57	0.95	1.49	1.02	11.89
6. Construction métallique, chaudronnerie, tôlerie, construction navale et ferroviaire . . . . .	0.44	0.05	0.45	0.95	2.01	2.11	-52.22
7. Construction mécanique, aéronautique, fabrication d'instruments de précision . . . . .	0.38	0.06	0.53	0.97	1.05	1.56	2.08
8. Construction électrique, électronique, de machines de bureau, d'ordinateurs . . . . .	0.38	0.07	0.57	1.03	1.29	2.48	1.15
9. Industrie des produits alimentaires, des boissons et du tabac . . . . .	0.19	0.05	0.77	1.01	1.20	1.85	3.40
10. Industrie textile . . . . .	0.25	0.05	0.66	0.97	0.90	1.30	4.04
11. Industrie des chaussures et de l'habillement . . . . .	0.19	0.01	0.67	0.89	0.23	0.25	2.00
12. Industrie du bois et du meuble en bois . . . . .	0.33	0.02	0.64	1.01	0.66	0.65	3.66
13. Industrie du papier et fabrication d'articles en papier, imprimerie et édition . . . . .	0.51	-0.02	0.47	0.97	0.37	0.30	-4.67
14. Industrie du caoutchouc. Transformation de matières plastiques . . . . .	0.33	0.06	0.59	1.00	1.85	1.81	4.15

(1) Elasticités moyennes, estimées sur base des résultats propres à chaque entreprise.

(2) Elasticités estimées sur base des valeurs moyennes des variables K, M, L et t.

TABLEAU 5

*Tests d'hypothèse (Tests de Fisher)*

Secteurs	Homogénéité	Rendements constants	Cobb-Douglas	Absence de progrès technique	Absence de progrès technique neutre
1. ....	28.72 **	39.99 **	26.75 **	7.99 **	0.66
2. ....	7.41 **	7.88 **	8.11 **	6.74 **	5.97 **
3. ....	53.48 **	64.06 **	43.15 **	5.99 **	4.93 **
4. ....	49.64 **	42.82 **	34.08 **	21.15 **	4.79 **
5. ....	16.81 **	15.18 **	14.98 **	6.35 **	0.96
6. ....	17.11 **	15.50 **	11.65 **	5.21 **	2.49
7. ....	46.91 **	47.54 **	42.37 **	11.11 **	3.27 *
8. ....	12.35 **	10.30 **	10.57 **	9.86 **	0.62
9. ....	244.17 **	222.68 **	152.35 **	10.43 **	8.74 **
10. ....	174.27 **	193.59 **	126.06 **	32.55 **	14.25 **
11. ....	39.02 **	71.50 **	77.80 **	2.64 *	3.65 *
12. ....	33.47 **	28.43 **	20.25 **	6.83 **	3.23 *
13. ....	113.81 **	115.72 **	80.50 **	6.62 **	4.18 **
14. ....	28.45 **	26.75 **	19.83 **	17.42 **	3.06 *

Note : \*\* significatif au seuil de 1%. \* significatif au seuil de 5%.

montre bien que c'est au sein des secteurs 1 et 2 (industries extractives et de transformation de métaux) que les gains en productivité ont été les plus importants au cours de la période analysée. Bon nombre de secteurs connaissent également des gains en productivité élevés (supérieurs ou égaux à 2% de moyenne annuelle); seuls les secteurs 9 (produits alimentaires) et 12 (industrie du bois et du meuble en bois) présentent des taux inférieurs à 1%.

Ces résultats sont en grande partie confirmés par la mesure des variations de productivité obtenue par la méthode des nombres indices (PTF\* au tableau 6). On remarque cependant à la colonne (4) que les divergences, parfois substantielles, peuvent résulter de l'application de ces deux méthodologies alternatives. Nous rappellerons que ces divergences proviennent de la double hypothèse de comportement concurrentiel des entreprises et de rendements d'échelle constants sous-jacente à l'indice de Tornqvist<sup>9</sup> utilisé pour l'estimation de PTF\* (cf. section 2. 1). Ainsi, on soulignera le cas des secteurs 1, 6 et 13, qui présentent, selon cette méthode, des sous-estimations du taux annuel de croissance supérieures à 1%, et celui des secteurs 4, 9, 10 et 14, caractérisés par des sur-estimations qui dépassent également le taux annuel de 1%.

Un deuxième groupe de résultats, présentés aux colonnes (2) et (3) du tableau 6, correspond à la décomposition des gains en productivité (PTF) en ses deux éléments constitutifs : les gains en efficacité (ê) et le progrès technique (PT).

Cette distinction, qui constitue sans doute l'un des avantages majeurs de la méthode d'estimation des gains en productivité proposée ici, n'est pas sans conséquences pour la formulation de la politique économique. Celle-ci devrait, en effet, pouvoir s'adapter à chaque situation pour mieux agir sur l'évolution de la productivité. Ainsi, dans les secteurs industriels où le progrès technique constitue la source principale de croissance de la productivité, les pouvoirs publics auront tout intérêt à mener une politique de soutien aux nouvelles techniques de production, via, par exemple, la subsidiation des efforts en recherche et développement. Par contre, s'il s'avère que la principale source de croissance résulte de gains d'efficacité technique particulièrement élevés, les pouvoirs publics devront plutôt mener une politique favorable à la diffusion et à la maîtrise des techniques de production déjà existantes.

Les résultats présentés au tableau 6 font apparaître d'une manière générale que les gains en productivité observés sont essentiellement le résultat du progrès technique. Toutefois font exception l'industrie des chaussures et de l'habillement, secteur pour lequel les variations d'efficacité comptent pour plus de 50% de cette croissance, et, dans une moindre mesure, les

---

9. Les parts des facteurs ( $s_x^1$ ) sont estimées sur base de moyennes bisannuelles. Plutôt que l'output nous avons choisi comme dénominateur la dépense totale. Celle-ci est définie comme la somme des valeurs du capital et des matières, à laquelle il convient d'ajouter le coût salarial mentionné au poste « rémunérations, charges sociales et pensions » du compte de résultats (voir note 6).



TABLEAU 6

*Décomposition de la variation de la productivité totale des facteurs en progrès technique et en variation de l'efficacité technique par secteur*

Secteurs	Valeurs moyennes sur la période 1977-1983				
	PTF (1)	PT (2)	$\dot{e}$ (3)	Résidu (4)	PTF* (5)
1. Transformation de métaux. . . . .	3.65	3.71	-0.06	-1.1	2.55
2. Extraction de minéraux autres que métalliques et énergétiques, tourbières. . . . .	5.01	3.92	1.09	0.59	5.60
3. Industrie des produits non métalliques. . . . .	2.39	1.30	1.09	-0.77	1.62
4. Industrie chimique. . . . .	2.56	1.98	0.58	1.28	3.84
5. Fabrication d'outillage et d'articles finis en métaux, à l'exclusion du matériel électrique. . . . .	1.70	1.52	0.18	0.29	1.99
6. Construction métallique, chau- dronnerie, tôlerie, construction navale et ferroviaire. . . . .	2.77	1.79	0.98	-1.28	1.49
7. Construction mécanique, aéronau- tique, fabrication d'instruments de précision. . . . .	2.49	1.97	0.52	0.30	2.79
8. Construction électrique, électroni- que, de machines de bureau, d'ordinateurs. . . . .	2.06	1.96	0.10	0.44	2.50
9. Industrie des produits alimentai- res, des boissons et du tabac. . . . .	0.52	0.49	0.03	1.52	2.04
10. Industrie textile. . . . .	2.10	1.86	0.24	1.10	3.20
11. Industrie des chaussures et de l'habillement. . . . .	1.43	0.66	0.77	-0.20	1.23
12. Industrie du bois et du meuble en bois. . . . .	0.94	0.71	0.23	0.09	1.03
13. Industrie du papier et fabrication d'articles en papier, imprimerie et édition. . . . .	2.00	1.19	0.81	-1.1	0.90
14. Industrie du caoutchouc. Trans- formation de matières plastiques. . .	1.78	1.37	0.41	1.44	3.22

Colonnes :

(1)  $PTF = g_t^T$  : Variations dans la productivité totale des facteurs [(2)+(3)].

(2)  $PT = g_t^F$  : Progrès technique.

(3)  $\dot{e}$  : Variations dans l'efficacité technique.

(4) Terme résiduel [(5)-(1)].

(5)  $PTF^* = g_t^I$  : Variations dans la productivité totale des facteurs (par la méthode des nombres indices).

secteurs 3 (industrie des produits non-métalliques), 6 (construction métallique) et 13 (industrie du papier). Par ailleurs, on remarquera le rôle mineur que jouent les gains en efficacité dans la formation des gains de productivité, au sein des secteurs de la transformation des métaux (1), de la construction électrique (8) et de l'alimentaire (9).

Signalons toutefois que la nature précise du progrès technique et des gains en efficacité dégagés dans notre étude reste difficile à cerner. En effet,

les termes de progrès technique et d'efficacité peuvent recouvrir des réalités diverses. Ainsi, si par définition le progrès technique correspond aux déplacements des frontières de production et les gains d'efficacité aux variations annuelles de la position des entreprises, prises individuellement, relativement à cette frontière, il se peut cependant qu'un déplacement de la frontière de production soit le résultat de l'incorporation de nouvelles pratiques plus efficaces dans la gestion des entreprises et que des gains en efficacité aient comme source l'utilisation de techniques de pointe par des entreprises au départ non efficaces.

## 5 Mesures de performances et dépenses en recherche et développement (R-D)

---

Le dernier aspect que nous aborderons dans cette étude concerne la relation entre, d'une part, les différents indicateurs des performances techniques et, d'autre part, les dépenses en R-D.

Le lien de causalité entre les dépenses en R-D et la productivité des entreprises a fait l'objet de diverses études (voir notamment GRILICHES [1984]). Il faut convenir cependant que nombreuses sont les difficultés à surmonter dans ce type d'analyse. On signalera entre autres :

1. Les difficultés propres à la mesure de ces investissements sur une base homogène et fiable pour l'ensemble des entreprises. Ainsi, dans le cas de notre échantillon une rubrique du bilan des entreprises est spécialement prévue pour inscrire ces dépenses; cependant, le critère d'imputation des divers frais de recherche sous cette rubrique reste assez flou, et peut dès lors varier d'une entreprise à l'autre.

2. De par leur nature, les investissements en R-D demandent en général une période de maturation avant de conduire à des gains en productivité. La manière dont ces gains se manifesteront (progrès technique, gains en efficacité ou rendements d'échelle) et l'étendue du décalage peuvent varier fortement tant aux niveaux intra qu'inter-sectoriel.

C'est suite à ces difficultés, aggravées par la trop courte durée de la période (1977-1983) que couvrent les données disponibles, que nous avons décidé de ne pas introduire dans les estimations des frontières de production présentées dans les sections précédentes une variable représentative du capital en R-D. Ce type d'analyse a été réalisé notamment par GRILICHES et MAIRESSE [1984] ainsi que par MAIRESSE et CUNÉO [1985], sur base respectivement de panels d'entreprises américaines et françaises.

A défaut de pouvoir réaliser ce type d'analyse, nous avons distingué au sein de l'échantillon un sous-ensemble d'entreprises engagées dans la R-D <sup>10</sup>.

Le critère de sélection est le suivant. Sont considérées comme entreprises de R-D, les sociétés qui, sur toute la période observée, ont réalisé en moyenne des dépenses en R-D supérieures à 1 % de leur chiffre d'affaires.

En nous fondant sur ce critère, nous comparons les performances techniques réalisées par les entreprises qui font ce type de dépenses et par celles qui n'en font pas.

Il apparaît, au tableau 7, que ce sont les secteurs 4 (industrie chimique), 7 (construction mécanique, aéronautique et instruments de précision) et 8 (construction métallique, électronique, matériel de bureau, ordinateurs) qui comptent le nombre le plus élevé d'entreprises engagées dans la R-D. Ces résultats sont confirmés par une étude des SERVICES DE PROGRAMMATION DE LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE [1985] qui montre qu'en Belgique la recherche est caractérisée, en 1981, par une forte concentration dans les secteurs de la chimie, de l'électronique et de la mécanique. Ces secteurs connaissent une part relative des dépenses de R-D dans l'ensemble de l'industrie manufacturière, respectivement de 26 %, 25 % et 6 %. De plus, tout comme les secteurs 1 (transformation de métaux) et 2 (extraction de minéraux), les secteurs 4 (chimie), 7 (construction mécanique, aéronautique et instruments de précision) et 8 (construction métallique, électronique, matériel de bureau, ordinateurs) connaissent les taux les plus importants de progrès technique.

On rencontre une situation opposée dans les secteurs industriels 9 à 13, que l'on pourrait qualifier de « traditionnels » : les entreprises de R-D y sont nettement minoritaires. Par ailleurs, à l'exception de l'industrie du textile (secteur 10), ces secteurs se caractérisent par un taux moyen de progrès technique très bas.

En outre, on constate, qu'en moyenne, les entreprises avec R-D connaissent des gains en productivité supérieurs à 2 % par an. Ce résultat se vérifie pour la plupart des secteurs étudiés, à l'exception des secteurs 3 (produits minéraux non métalliques) et 14 (caoutchouc et matières plastiques) et confirme l'avis de l'OCDE [1980] selon lequel « la croissance de la productivité a presque toujours été nettement plus élevée dans les secteurs qui dépensent beaucoup pour la recherche ».

Il convient encore de remarquer l'écart significatif entre les gains de productivité des entreprises avec et sans recherche au sein des secteurs 5 (fabrication d'outillage et d'articles finis en métaux), 9 (industrie alimentaire) et 12 (industrie du bois).

---

10. Les investissements en R-D sont repris sous la rubrique « immobilisations incorporelles » du bilan des entreprises et correspondent plus précisément aux postes « frais de recherche et de développement » et « concessions, brevets, licences, savoir-faire, marques et droits similaires ».

TABLEAU 7

*Progrès technique, productivité et R-D*

Secteurs	Pourcentage d'entreprises engagées dans des activités de R & D (1)	Progrès technique (2)	Taux moyens annuels de gains en productivité (3)	
			Sans R-D	Avec R-D
1. Transformation de métaux . . . . .	11.76	3.71	3.63	3.82
2. Extraction de minéraux autres que métalliques et énergétiques, tourbières . . . . .	13.04	3.92	4.98	5.27
3. Industrie des produits non métalliques . . . . .	12.38	1.30	2.38	1.51
4. Industrie chimique . . . . .	17.11	1.98	2.66	2.16
5. Fabrication d'outillage et d'articles finis en métaux, à l'exclusion du matériel électrique . . . . .	12.07	1.52	1.44	3.55
6. Construction métallique, chaudronnerie, tôlerie, construction navale et ferroviaire . . . . .	12.50	1.79	2.66	3.68
7. Construction mécanique, aéronautique, fabrication d'instruments de précision . . . . .	21.19	1.97	2.28	3.31
8. Construction électrique, électronique, de machines de bureau, d'ordinateurs . . . . .	28.79	1.96	2.01	2.31
9. Industrie des produits alimentaires, des boissons et du tabac . . . . .	9.42	0.49	0.31	2.56
10. Industrie textile . . . . .	6.41	1.86	2.07	2.65
11. Industrie des chaussures et de l'habillement . . . . .	5.00	0.66	1.33	3.57
12. Industrie du bois et du meuble en bois . . . . .	1.87	0.71	0.92	2.41
13. Industrie du papier et fabrication d'articles en papier, imprimerie et édition . . . . .	8.47	1.19	1.95	2.55
14. Industrie du caoutchouc. Transformation de matières plastiques . . . . .	13.04	1.37	1.77	1.78

(1) Entreprises dont les dépenses en R-D représentent plus de 1% du chiffre d'affaires sur l'ensemble de la période 1977-1983.

(2) Cf. tableau 6.

(3)  $\hat{g}_t^1$  : Productivité totale des facteurs [éq. (7) dans le texte].

## 6 Conclusions

---

Ce travail visait à répondre à une série de questions importantes : les gains en productivité observés dans l'industrie belge sont-ils le résultat du progrès technique ou de gains en efficacité; quels sont les secteurs dans lesquels une meilleure performance pourrait engendrer des gains en productivité plus importants, les techniques de production étant données; dans quelle mesure les investissements en R-D impliquent-ils une plus grande productivité ?

Nous pensons que les méthodes adoptées ici sont appropriées dans la mesure où elles permettent d'esquisser une première réponse à ce type de problèmes. Les résultats présentés doivent en effet être considérés comme provisoires, car ils reposent sur un certain nombre d'hypothèses concernant essentiellement la mesure des variables, la spécification des techniques de production et la construction des frontières d'efficacité.

La fonction de production « translog » que nous avons choisie s'écrit :

$$(1) \ln Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_t t + \frac{1}{2} \alpha_{tt} t^2 + \sum_{m=1}^M \alpha_{tm} t \ln X_{m, it} + \sum_{m=1}^M \beta_m \ln X_{m, it} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \beta_{mn} \ln X_{m, it} \ln X_{n, it} + e_{it}$$

$i = 1, \dots, I; \quad t = 1, \dots, T;$

avec  $e_{it} \leq 0$  et  $\beta_{mn} = \beta_{nm}$ , par symétrie.

$Y_{it}$  et  $X_{m, it}$  indiquent l'output et les  $m$  inputs correspondant à l'entreprise  $i$  à l'instant  $t$  et les  $\alpha$  et  $\beta$  sont les paramètres à estimer.

L'impact du progrès technique s'écrit :

$$(2) \frac{\partial \ln Y_{it}}{\partial t} = \alpha_t + \alpha_{tt} t + \sum_{m=1}^M \alpha_{tm} \ln X_{m, it}, \quad i = 1, \dots, I; \quad t = 1, \dots, T.$$

et l'élasticité partielle  $\sigma_m$  d'output par rapport à l'input  $X_m$  a pour expression :

$$(3) \sigma_{m, it} = \frac{\partial \ln Y_{it}}{\partial \ln X_{m, it}} = \alpha_{tm} t + \beta_m + \sum_{n=1}^M \beta_{mn} \ln X_{n, it}$$

$m = 1, \dots, M; \quad i = 1, \dots, I; \quad t = 1, \dots, T.$

Les élasticités d'échelle,  $\sigma_e$ , sont donc obtenues en faisant :

$$(4) \sigma_{e, it} = \sum_{m=1}^M \sigma_{m, it}, \quad i = 1, \dots, I; \quad t = 1, \dots, T.$$

Les élasticité de substitution  $\sigma_{mn}$  pourront s'estimer à partir des élasticités partielles obtenues en (3) : <sup>11</sup>

$$(5) \sigma_{mn, ij} = \frac{[(\sigma_{m, ij} + \sigma_{n, ij})(\sigma_{m, ij} \sigma_{n, ij})]}{[(\sigma_{m, ij} + \sigma_{n, ij})(\sigma_{m, ij} \sigma_{n, ij})] - 2[\beta_{nn} \sigma_{m, ij}^2 - \beta_{mn}(\sigma_{n, ij} \sigma_{m, ij}) + \beta_{nn} \sigma_{n, ij}^2]}$$

$m = 1, \dots, M; \quad n = 1, \dots, M.$

Divers tests, fondés sur les estimations des paramètres, ont été réalisés afin de confirmer ou d'infirmer les hypothèses suivantes concernant les frontières de production : <sup>12</sup>

11. Il s'agit des élasticités de substitution « directes » ou de « court terme » entre  $m$  et  $n$  (MCFADDEN [1978], p. 80), c'est-à-dire celles obtenues en maintenant les autres facteurs constants.

Homogénéité :

$$(6) \quad \sum_{m=1}^M \beta_{mn} = 0, \quad n = 1, \dots, M; \quad \sum_{n=1}^M \beta_{mn} = 0, \quad m = 1, \dots, M;$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \beta_{mn} = 0 \quad \text{et} \quad \sum_{n=1}^M \alpha_{tm} = 0.$$

Rendements constants :

$$(7) \quad (6) \quad \text{et} \quad \sum_{m=1}^M \beta_m = 1.$$

Technique Cobb-Douglas :

$$(8) \quad \beta_{mn} = 0 \quad \text{et} \quad \alpha_{tm} = 0, \quad m = 1, \dots, M; \quad n = 1, \dots, M.$$

Absence de progrès technique :

$$(9) \quad \alpha_t = 0, \quad \alpha_{tt} = 0 \quad \text{et} \quad \alpha_{tm} = 0, \quad m = 1, \dots, M.$$

Absence de progrès technique neutre :

$$(10) \quad \alpha_t = 0, \quad \alpha_{tt} = 0, \quad m = 1, \dots, M.$$

---

12. Ces tests sont fondés essentiellement sur les travaux de BERNDT et CHRISTENSEN [1973].

## ANNEXE II

---

### SECTEUR 1

codes NACE : 222 + 223 + 311 + 313

Transformation de métaux (tréfilage, étirage, laminage, revêtement)

### SECTEUR 2

codes NACE : 23

Extraction de minéraux autres que métalliques et énergétiques, tourbières.

### SECTEUR 3

codes NACE : 24

Industrie des produits non métalliques

### SECTEUR 4

codes NACE : 25

Industrie chimique

### SECTEUR 5

codes NACE : 316

Fabrication d'outillage et d'articles finis en métaux, à l'exclusion du matériel électrique

### SECTEUR 6

codes NACE : 314 + 35 + 361 + 362

Construction métallique, chaudronnerie, tôlerie, construction navale et ferroviaire

### SECTEUR 7

codes NACE : 32 + 37 + 364

Construction mécanique, aéronautique, fabrication d'instruments de précision

### SECTEUR 8

codes NACE : 33 + 34

Construction électrique, électronique, de machines de bureau, d'ordinateurs

### SECTEUR 9

codes NACE : 41 + 42

Industrie des produits alimentaires, des boissons et du tabac

### SECTEUR 10

codes NACE : 43

Industrie textile

### SECTEUR 11

codes NACE : 45

Industrie des chaussures et de l'habillement

### SECTEUR 12

codes NACE : 46

Industrie du bois et du meuble en bois.

### SECTEUR 13

codes NACE : 47

Industrie du papier et fabrication d'articles en papier, imprimerie et édition.

### SECTEUR 14

codes NACE : 48

Caoutchouc. Transformation des matières plastiques



## ● Références bibliographiques

- AIGNER, D. J. and CHU, S. F. (1968). — « On Estimating the Industry Production Function », *American Economic Review*, 58, p. 826-839.
- BERNDT, E. R., and CHRISTENSEN L. R., (1973). « The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures and Labor in U.S. Manufacturing 1929-68 », *Journal of Econometrics*, 1, p. 81-114.
- CHRISTENSEN, L. R., JORGENSON, D. W. and LAU J. (1973). — « Transcendental Logarithmic Production Functions », *Review of Economics and Statistics*, 55, p. 28-45.
- DENNY, M. and MAY, J. D. (1978). — « Homotheticity and Real Value-Added in Canadian Manufacturing », in M. FUSS and D. McFADDEN éd., *Production Economics : A Dual Approach to Theory and Applications*, North Holland, 2, p. 53-70.
- DEPRINS, D. (1986). — « Modelling Technical Inefficiencies with Log-Linear Regression for One-Sided Residuals », CORE, Discussion Paper n. 8617, Louvain-la-Neuve, Belgique.
- DIEWERT, W. E. (1976). — « Exact and Superlative Index Numbers », *Journal of Econometrics*, 4, p. 115-145.
- FORSUND, F. R., LOVELL, C. A. K., and SCHMIDT, P. (1980). — « A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement », *Journal of Econometrics*, 13, p. 5-25.
- GREENE, W. H. (1980). — « Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Functions », *Journal of Econometrics*, 13, p. 27-56.
- GRILICHES, Z. (ed.), (1984). — *R & D. Patents and Productivity*, The University of Chicago Press.
- GRILICHES, Z. and MAIRESSE J., (1984). — « Productivity and R & D at the Firm Level », in GRILICHES, Z. éd., *R & D, Patents and Productivity*, The University of Chicago Press.
- I.N.S., (1986). — *Les Comptes Nationaux de la Belgique*, Bulletin de Statistique, Bruxelles.
- JONDROW, J., LOVELL, C. A. K., MATEROV, I. S. and SCHMIDT P. (1982) — « On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model », *Journal of Econometrics*, 19, p. 233-238.
- McFADDEN, D. (1978). — « Estimation Techniques for the Elasticity of Substitution and Other Production Parameters », in M. FUSS and D. McFADDEN éd., *Production Economics : A Dual Approach to Theory and Applications*, North Holland, 2, p. 71-123.
- MAIRESSE, J. et CUNÉO PH. (1985). — « Recherche-développement et performances des entreprises : une étude économétrique sur données individuelles », *Revue Economique*, 36, p. 1001-1043.
- NISHIMIZU, M. and PAGE J. M. (1982). — « Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia », 1965-78, *The Economic Journal*, 92, p. 920-936.
- O. C. D. E., (1980). — *Changement technique et politique économique : la science et la technologie dans le nouveau contexte socio-économique*, Paris.
- SCHMIDT, P., (1976). — « On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Function », *The Review of Economics and Statistics*, 58, p. 238-289.

- SERVICES DE PROGRAMMATION DE LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE (1985). — *La recherche industrielle en Belgique-Situation en 1983*, Bruxelles.
- THIRY, B. (1985). — « Une analyse de l'efficacité technique d'une société de transports intercommunaux », *Cahiers du CIRIEC*, n° 85-07, Liège.
- TORNQVIST, L. (1936). — « The Bank of Finland's Consumption Price Index », *Bank of Finland Monthly Bulletin*, 10.
- VAN DEN BROECK, J., FØRSUND, F. R., HJALMARSSON, L. and MEEUSEN, W. (1980). — « On the Estimation of Deterministic and Stochastic Frontier Production Functions. A Comparison », *Journal of Econometrics*, 13, p. 117-138.