

# RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT, INNOVATION ET FLÉCHISSEMENT DE LA PRODUCTIVITÉ TOTALE DES FACTEURS

**A. Stewen Englander, Robert Evenson et Masaharu Hanazaki**

## TABLE DES MATIÈRES

|   |    |
|---|----|
| Introduction . . . . .  | 8  |
| I. L'évolution récente des dépenses de recherche-développement suivant les branches d'activité . . . . .                          | 11 |
| II. Le concept de potentiel productif de la recherche-développement . . . . .   | 13 |
| III. Le potentiel productif de la recherche-développement a-t-il diminué au cours des années 70 ? . . . . .                       | 16 |
| IV. L'évolution technologique par branche d'origine et branche utilisatrice . . . . .   | 24 |
| V. La recherche-développement et l'évolution de la productivité totale des facteurs . . . . .                                     | 30 |
| VI. Le marché des valeurs mobilières en tant qu'indicateur de l'évolution future de la productivité totale des facteurs . . . . . | 34 |
| Les perspectives de croissance de la productivité totale des facteurs . . . . .   | 37 |
| <b>Annexe A :</b> La concordance Yale-Canada . . . . .  | 41 |
| <b>Annexe B :</b> Construction des variables relatives au stock de recherche-développement . . . . .                              | 44 |
| Bibliographie . . . . .   | 45 |

---

Steven Englander et Masaharu Hanazaki appartiennent à la Branche des questions économiques générales du Département des affaires économiques et statistiques. Robert Evenson est professeur d'économie à l'Université de Yale. Les auteurs tiennent à remercier David Coe, John Martin, F.M. Scherer, John Llewellyn, Andrew Dean, Menahem Prywes et Peter Jarrett pour leurs commentaires et leurs suggestions.

---

## INTRODUCTION

Cet article est consacré à une analyse, au niveau des branches d'activité, des liens entre le changement technologique et la croissance de la productivité totale des facteurs. Depuis quelques décennies, nombre d'études ont eu pour but de mettre en évidence les liens entre le progrès technologique et la croissance de la productivité, généralement en utilisant les dépenses de recherche-développement (R-D) comme indicateur de l'intensité du changement technologique<sup>1</sup>. Or, le chemin qui mène des dépenses de R-D à la productivité comporte de nombreuses étapes. Il faut que la R-D aboutisse à des innovations intéressantes, et il faut que celles-ci soient à leur tour commercialisées et largement adoptées. Néanmoins, ces études ont généralement révélé que la R-D est très rentable par rapport aux autres formes d'investissement, et aboutissent à la conclusion que, de ce fait, une part plus que proportionnelle de la croissance peut être attribuée aux nouvelles technologies.

Compte tenu de cette influence à long terme du changement technologique, il est intéressant de se demander si un ralentissement de la création ou de la diffusion de nouvelles technologies a pu contribuer au fléchissement de la croissance de la productivité totale des facteurs (PTF), mis en évidence et examiné par Englander et Mittelstadt (1988). Étant donné qu'en matière de technologie il n'existe pas d'unités bien définies, l'analyse empirique de cette hypothèse se révèle difficile. Les études utilisant la R-D comme indicateur de la création de nouvelles technologies au fil des ans supposent implicitement que l'efficacité ou le potentiel productif de la R-D sont essentiellement constants ; autrement dit, un accroissement donné du stock de capital de R-D induit une amélioration donnée de la technologie et de la productivité<sup>2</sup>. Mais il s'agit là d'une hypothèse restrictive, étant donné qu'il n'y a aucune raison, a priori, pour que la R-D ne traverse pas une période de « sécheresse », c'est-à-dire que son potentiel productif soit temporairement réduit.

Cette hypothèse est sujette à controverse, et les études antérieures relativement peu nombreuses qui y ont été consacrées aboutissent à des conclusions divergentes. Alors que Kendrick et Grossman (1980), Terleckyj (1980), Baily et Chakrabarti (1985), Ravenscraft (1983), ainsi que Ravenscraft et Scherer (1982) ont obtenu des résultats qui tendraient à la confirmer, Griliches (1987), Griliches et Lichtenberg (1984) et Scherer (1982) sont parvenus à des résultats négatifs ou peu concluants. Dans certains cas, cette hypothèse ne tient plus si l'on passe à un niveau de désagrégation plus poussé ou si l'on modifie la forme des

fonctions. Dans d'autres, elle semble se confirmer pour certains types de R-D, mais pas pour d'autres.

Compte tenu des incertitudes qui entourent le profil temporel de bon nombre des étapes qui séparent la R-D de la PTF, l'étude de la relation entre ces deux points est très tributaire du volume des données utilisées. Les chercheurs ont donc souvent recours à de vastes ensembles de données ou à des données transversales, ou bien ils procèdent à des études de cas très poussées. Cette étude est la première à appliquer une dimension internationale à l'analyse de cette hypothèse, en utilisant des données par branche pour plusieurs pays, couvrant les années 1970 à 1983<sup>3</sup>. Contrairement à une analyse purement transversale qui regroupe souvent des données se rapportant à de nombreuses branches d'activité, l'analyse dans une optique internationale permet d'examiner le potentiel productif de la recherche dans une branche d'activité donnée. Elle impose des hypothèses quelque peu restrictives sur les fonctions de production d'une branche d'activité donnée pour différents pays, mais les résultats obtenus par Englander et Mittelstadt (1988) et Meyer-zu-Schlochtern (1988) donnent à penser que cette hypothèse est sans doute moins restrictive que celle qui consiste à employer la même fonction de production pour les différentes branches d'activité d'un même pays. Par ailleurs, dans la mesure où les données relatives à la production et aux facteurs sont extraites des comptes du revenu national, les résultats obtenus ont un rapport plus étroit avec le ralentissement de la PTF au niveau global que ceux auxquels on aboutirait dans une étude de cas ou dans une étude fondée sur un échantillon d'entreprises.

L'une des innovations méthodologiques introduites sur le plan de l'analyse statistique est décrite ci-après. La plupart des études se sont limitées à l'analyse de la relation entre la productivité et la R-D dans la branche d'activité qui mène les recherches, et non dans la branche d'activité qui utilise les résultats de ces recherches. Comme il est largement démontré que c'est souvent dans la branche d'activité qui utilise la nouvelle technologie qu'une grande partie des progrès est réalisée, la présente étude s'appuie sur une concordance qui retrace les flux de technologie entre la branche d'origine et la branche utilisatrice. Rares sont les études qui font cette distinction, mais les résultats conduisent à penser qu'il serait sans doute intéressant de poursuivre les recherches dans cette voie<sup>4</sup>. Accessoirement, cette concordance permet de mesurer les flux de technologie allant vers les secteurs non manufacturiers qui eux-mêmes ne mènent pas beaucoup de recherches.

Etant donné que l'hypothèse concernant le potentiel productif de la recherche est sujette à controverse, deux autres approches indépendantes ont été adoptées pour obtenir une évaluation qualitative de sa validité. Premièrement, on utilise l'évolution des dépôts de brevets comme indicateur du produit de la recherche. Les brevets présentent l'avantage d'être des indicateurs quantitatifs du produit de la recherche, par opposition aux dépenses de R-D, qui ne représentent que la quantité de ressources consacrées à la recherche. Deuxièmement, on utilise des données se

rapportant aux marchés des valeurs mobilières pour voir quelle idée se font les investisseurs des perspectives de création technologique. Bien que, pris individuellement, chacun de ces indicateurs présente des inconvénients, pris ensemble, ils permettent sans doute de se faire une idée assez juste du potentiel productif de la recherche.

Cinq arguments sont développés dans cet article :

- Premièrement, un certain nombre d'indices tendent à prouver que l'efficacité ou la productivité de la R-D a diminué entre le milieu et la fin des années 70.
- Deuxièmement, cette diminution semble avoir été plus ou moins prononcée selon les secteurs, la métallurgie de base, la construction mécanique (hors construction électrique) et l'automobile étant ceux dans lesquels le recul semble avoir été le plus marqué ; la productivité des industries de haute technologie, en revanche, ne s'est apparemment pas dégradée ces dernières années.
- Troisièmement, pour analyser l'influence de la R-D sur la technologie et, par conséquent, sur la PTF, il convient d'étudier la situation des branches **utilisatrices** des nouvelles technologies et celle des branches **créatrices** de ces technologies.
- Quatrièmement, l'apport des nouvelles technologies est très variable selon les secteurs d'activité, les industries non manufacturières en bénéficiant moins que les industries manufacturières.
- Cinquièmement, les tendances enregistrées sur les marchés des valeurs mobilières peuvent être interprétées comme l'indice d'une intensification future des nouvelles applications technologiques, après un certain ralentissement au début et au milieu des années 70.

Ces constatations sont intéressantes car elles suggèrent que la décélération de la PTF a sans doute été provoquée, en partie du moins, par un ralentissement de la création de nouvelles technologies, phénomène dont les causes et les remèdes sont difficiles à saisir. Par ailleurs, elles mettent en évidence l'inégalité de la répartition des innovations suivant les secteurs, qui explique en partie les tendances divergentes de la croissance de la PTF et de l'augmentation des prix observées entre le secteur des industries manufacturières et le secteur des services dans de nombreux pays. S'il est peu probable que la politique macro-économique puisse influencer sur cette évolution, certaines mesures d'ordre micro-économique peuvent se justifier pour corriger les déficiences du marché.

## 1. ÉVOLUTION RÉCENTE DES DÉPENSES DE RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT SUIVANT LES BRANCHES D'ACTIVITÉ

Cet article mettant l'accent sur la croissance de la PTF au niveau des branches d'activité, il est utile de commencer par un rappel des caractéristiques générales des données concernant la R-D au niveau des branches d'activité. Les activités de R-D du secteur des entreprises sont très concentrées dans les industries chimiques et dans la construction mécanique en proportion de la R-D totale (tableau 1).

**Tableau 1. Parts des différentes branches dans la R-D totale**  
En pourcentage

|                                       | Etats-Unis |      | Japon |      | Allemagne |      | France |      | Royaume-Uni |      | Italie |      | Canada |      |
|---------------------------------------|------------|------|-------|------|-----------|------|--------|------|-------------|------|--------|------|--------|------|
|                                       | 1970       | 1983 | 1970  | 1983 | 1970      | 1983 | 1970   | 1983 | 1970        | 1983 | 1970   | 1984 | 1971   | 1984 |
| Industries                            |            |      |       |      |           |      |        |      |             |      |        |      |        |      |
| manufacturières                       | 63.3       | 69.3 | 56.1  | 60.1 | 58.2      | 65.1 | 52.1   | 52.6 | 60.0        | 59.3 | 46.5   | 49.1 | 32.5   | 36.7 |
| Alimentation                          | 0.8        | 0.7  | 1.6   | 1.7  | 0.3       | 0.8  | 0.7    | 0.6  | 2.0         | 1.2  | 0.5    | 0.4  | 1.2    | 1.3  |
| Textiles                              | 0.2        | 0.1  | 1.1   | 0.8  | 0.2       | 0.4  | 0.9    | 0.3  | 1.5         | 0.2  | 1.6    | 0.4  | 0.3    | 0.2  |
| Bois                                  | 0.1        | 0.1  | 0.2   | 0.2  | 0.2       | 0.3  | 0.0    | 0.0  | 0.2         | 0.1  | 0.0    | 0.0  | 0.3    | 0.3  |
| Papier                                | 0.6        | 0.7  | 0.7   | 0.8  | 0.1       | 0.3  | 0.1    | 0.2  | 0.5         | 0.3  | 0.1    | 0.1  | 1.7    | 1.1  |
| Produits chimiques                    | 8.3        | 8.1  | 13.6  | 11.1 | 16.4      | 15.8 | 10.0   | 10.6 | 10.0        | 11.6 | 13.0   | 13.1 | 5.2    | 6.0  |
| Machines                              | 49.3       | 53.1 | 30.5  | 37.3 | 37.4      | 42.5 | 35.6   | 36.3 | 41.4        | 43.1 | 27.1   | 32.2 | 18.0   | 24.5 |
| Construction                          |            |      |       |      |           |      |        |      |             |      |        |      |        |      |
| électrique                            | 15.4       | 15.7 | 15.1  | 17.2 | 16.2      | 16.7 | 11.8   | 14.3 | 13.2        | 20.3 | 8.7    | 10.2 | 10.7   | 14.0 |
| Aéronautique                          | 19.0       | 15.1 | 0.0   | 0.0  | 5.6       | 3.7  | 11.4   | 10.0 | 15.3        | 10.9 | ..     | 7.6  | 2.8    | 4.7  |
| Autres transports                     | 5.8        | 7.1  | 7.0   | 10.2 | 9.0       | 10.6 | 5.5    | 6.6  | 5.1         | 3.8  | 14.2   | 8.3  | 0.7    | 1.4  |
| Construction mécanique                | 9.0        | 14.7 | 8.5   | 9.9  | 6.6       | 11.3 | 6.9    | 5.3  | 7.8         | 8.2  | 4.2    | 6.1  | 3.9    | 4.4  |
| Métallurgie de base                   | 1.8        | 2.1  | 5.1   | 4.1  | 2.5       | 3.6  | 1.6    | 1.9  | 2.5         | 1.4  | 1.1    | 2.4  | 3.6    | 2.5  |
| Pierre, argile, verre                 | 0.6        | 0.8  | 1.3   | 1.7  | 0.4       | 0.8  | 1.2    | 0.8  | 1.1         | 0.5  | 0.2    | 0.2  | 0.2    | 0.3  |
| Autres industries manufacturières     | 1.6        | 3.4  | 2.1   | 2.2  | 0.7       | 1.2  | 2.0    | 1.8  | 0.8         | 0.8  | 3.0    | 0.9  | 1.8    | 0.5  |
| Industries non manufacturières        | 2.6        | 2.4  | 4.6   | 4.6  | 5.8       | 5.0  | 3.5    | 4.2  | 4.5         | 3.9  | 8.0    | 6.5  | 7.8    | 11.2 |
| Industries extractives                | ..         | ..   | 0.4   | 0.2  | 1.5       | 1.6  | 0.6    | 0.4  | 1.6         | 1.1  | ..     | ..   | 1.7    | 1.9  |
| Construction                          | ..         | ..   | 1.5   | 1.5  | 0.4       | 0.3  | 0.4    | 0.4  | 0.4         | 0.3  | 0.8    | 0.6  | ..     | ..   |
| Autres industries non manufacturières | ..         | ..   | 2.7   | 2.9  | 3.9       | 3.1  | 2.5    | 3.4  | 2.5         | 2.5  | ..     | ..   | ..     | ..   |
| Total, secteur des entreprises        | 65.9       | 72.3 | 50.7  | 65.1 | 44.0      | 70.7 | 45.6   | 56.8 | 34.5        | 63.2 | 44.5   | 56.2 | 10.3   | 47.9 |

.. Non disponible.

Source: OCDE, base de données DSTI.

L'industrie alimentaire, l'industrie textile, l'industrie du bois et celle du papier, ainsi que le secteur de la pierre, de l'argile et du verre comptent pour moins de 6 pour cent des dépenses de R-D totales des sept grands pays de l'OCDE, leur part étant dans la plupart des pays très inférieure à ce chiffre. De plus, la concentration des activités de R-D s'est accentuée dans les industries chimiques et, surtout, dans la construction mécanique. Le secteur non manufacturier n'en représente qu'un très faible pourcentage en général, sauf au Canada. Bien que, pour la plupart des pays, on ne dispose pas de données détaillées sur ce point, il semblerait que la part du commerce de détail et de gros, des transports et des industries de service dans les dépenses de R-D soit très faible.

La concentration des activités de R-D est encore plus manifeste si l'on rapporte les dépenses y afférentes à la production de chaque branche (tableau 2). Dans les industries chimiques et la construction mécanique, l'intensité de R-D est beaucoup plus grande que dans tous les autres secteurs, et aucun indice ne laisse entrevoir une diminution de cet écart. En dehors des industries manufacturières, les activités de R-D sont très limitées par rapport à la production, et sont même encore plus réduites, dans la plupart des cas, que celles des branches du secteur manufacturier où l'intensité de R-D est la plus faible.

Tableau 2. **Dépenses de R-D par branche en proportion de la production**  
En pourcentage de la valeur ajoutée

|                                   | Etats-Unis |       | Japon |      | Allemagne |      | France |      | Royaume-Uni |       | Italie |      | Canada |      |
|-----------------------------------|------------|-------|-------|------|-----------|------|--------|------|-------------|-------|--------|------|--------|------|
|                                   | 1970       | 1983  | 1970  | 1984 | 1970      | 1983 | 1970   | 1983 | 1970        | 1983  | 1970   | 1984 | 1971   | 1984 |
| Industries                        |            |       |       |      |           |      |        |      |             |       |        |      |        |      |
| manufacturières                   | 7.79       | 8.25  | 4.00  | 4.76 | 3.45      | 5.31 | 4.01   | 4.61 | 5.36        | 5.78  | 1.46   | 2.02 | 2.32   | 2.97 |
| Alimentation                      | 0.97       | 0.94  | 0.87  | 1.69 | 0.13      | 0.53 | 0.34   | 0.33 | 0.84        | 0.56  | 0.11   | 0.13 | ..     | ..   |
| Textiles                          | 0.41       | 0.31  | 1.42  | 1.70 | 0.13      | 0.59 | 0.61   | 0.40 | 1.33        | 0.35  | 0.25   | 0.09 | ..     | ..   |
| Bois                              | 0.46       | 0.54  | ..    | ..   | 0.65      | 0.77 | ..     | ..   | ..          | ..    | ..     | ..   | ..     | ..   |
| Papier                            | 0.82       | 0.85  | 1.47  | 1.50 | 0.13      | 0.53 | 0.19   | 0.30 | 0.41        | 0.38  | 0.07   | 0.04 | ..     | ..   |
| Produits chimiques                | 7.85       | 10.24 | 9.06  | 7.93 | 6.12      | 6.97 | 6.60   | 7.01 | 7.59        | 8.78  | 4.39   | 4.57 | ..     | ..   |
| Machines                          | 15.04      | 14.31 | 7.35  | 6.07 | 5.35      | 7.58 | 10.06  | 9.60 | 6.72        | 12.11 | 2.68   | 4.42 | ..     | ..   |
| Métallurgie de base               | 2.13       | 5.60  | 2.96  | 3.61 | 1.61      | 4.09 | 0.60   | 1.07 | 1.09        | 1.13  | 0.62   | 1.80 | ..     | ..   |
| Pierre, argile, verre             | 2.07       | 2.22  | 1.48  | 4.18 | 0.53      | 1.64 | 1.69   | 1.38 | 1.45        | 1.00  | 0.07   | 0.10 | ..     | ..   |
| Autres industries manufacturières | 2.03       | 2.46  | 0.83  | 3.22 | 1.12      | 4.79 | 1.17   | 1.15 | 1.75        | 2.09  | 1.29   | 1.34 | ..     | ..   |
| Industries non manufacturières    | 0.11       | 0.09  | 0.17  | 0.25 | 0.28      | 0.29 | 0.12   | 0.15 | 0.17        | 0.17  | 0.12   | 0.13 | 0.06   | 0.25 |
| Total, secteur des entreprises    | 2.15       | 2.12  | 1.35  | 2.09 | 1.70      | 2.29 | 1.44   | 1.61 | 1.91        | 1.88  | 0.62   | 0.85 | 0.63   | 0.83 |

.. Non disponible.

Source: OCDE, base de données OSTI.

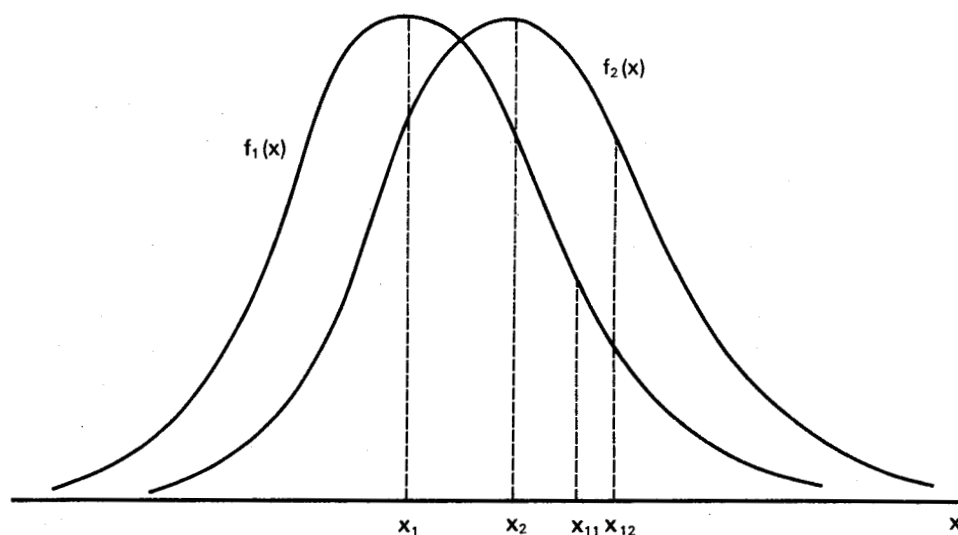
## II. LE CONCEPT DE POTENTIEL PRODUCTIF DE LA RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT

Il convient de préciser ce que l'on entend par potentiel productif, car la productivité de la R-D peut également dépendre d'autres facteurs. Moyennant certaines adaptations, on peut assimiler la production ou la découverte d'inventions à une activité de production comme les autres. Elle a une « technologie » et elle utilise un ((matériel génétique)). Dans ce contexte, on peut considérer que le matériel génétique est constitué par l'ensemble des connaissances et des techniques disponibles pour mener les recherches. Pour une technologie donnée et un matériel génétique déterminé, on considère que la R-D destinée à la production d'inventions (prises elles aussi au sens large) est soumise à la loi des rendements décroissants, ce qui implique une hausse des coûts marginaux. Dans ce cas, une augmentation de la R-D aboutira à une production marginale (et moyenne, probablement) plus faible de la R-D.

Ce concept de potentiel productif de la R-D ou de matériel génétique peut être considéré comme une extension de l'analyse économique des inventions et du progrès technologique. Dans les premiers modèles mis au point par Solow (1957) et d'autres auteurs, on considérait que le progrès technique se produisait à un rythme constant. Dans des études ultérieures, comme celles de Minasian (1969) et de Terleckyj (1974), le taux de croissance de la productivité pouvait varier, mais la relation entre la R-D et la productivité était considérée comme étant essentiellement fixe, aussi bien dans le temps que d'une branche à l'autre. On peut donc dire que l'analyse du potentiel productif de la R-D lève en partie la restriction suivant laquelle cette relation doit être considérée comme constante. Dans un sens, cela représente un retour à des concepts schumpetériens, suivant lesquels la technologie est l'une des forces motrices de la croissance économique, mais les possibilités d'innovation ne sont pas constantes dans le temps<sup>5</sup>.

L'exemple de la culture des plantes permet sans doute de préciser et d'illustrer le concept de matériel génétique. Les sélectionneurs de plantes cherchent systématiquement à recombinaison les stocks génétiques de plantes existantes à l'aide de certaines technologies. Ils effectuent des croisements entre différentes variétés pour obtenir de nouvelles combinaisons génétiques. Ils soumettent la descendance de ces croisements à des contraintes de sélection afin d'obtenir plus facilement de nouveaux cultivars ayant des caractéristiques plus intéressantes, c'est-à-dire de plus grande valeur. La distribution des fréquences  $f_j(x)$  (figure 1) caractérise les nouveaux cultivars possibles de valeur  $x$  pour une technologie d'amélioration génétique et de sélection donnée. Cette distribution reflète le potentiel d'invention et est constante pour un ensemble donné de variétés et pour des techniques d'amélioration génétique standard.

Figure 1



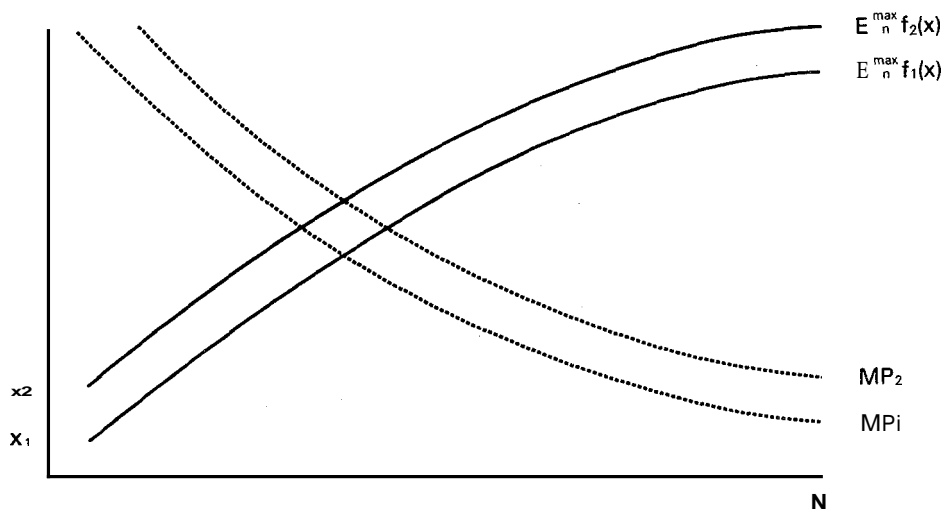
Le potentiel productif de la R-D dépend à la fois de la progression de la technologie d'invention et de celle du stock génétique d'inventions. Si la technologie et le stock génétique sont fixes, le cumul de la R-D sur un certain nombre de périodes aboutira à une diminution du produit marginal des inventions. En d'autres termes, on peut considérer que le potentiel d'invention dont dispose l'inventeur ((s'épuise)). Si de nouvelles technologies d'invention sont mises au point *et/ou* si un nouveau matériel génétique est développé, un nouveau potentiel d'invention apparaît, c'est-à-dire que le potentiel d'invention se reconstitue. Le potentiel productif est donc la différence entre le taux d'épuisement et le taux de reconstitution du potentiel d'invention. Si le taux d'épuisement est supérieur au taux de reconstitution, on estime que le potentiel productif diminue.

La fonction de production de l'activité d'amélioration génétique d'une plante (R-D) peut être spécifiée de la manière suivante : supposons qu'un croisement aléatoire soit effectué. La valeur attendue de la descendance est  $x$ . Cependant, si des croisements répétés sont effectués et s'ils sont évalués après sélection, la valeur maximum attendue de la descendance est supérieure à  $x$ . L'ordre de grandeur du maximum attendu pour un échantillon de taille  $n$  est donné par la formule suivante :

$$E \max_n f(x) = n \int_0^{\infty} F(x)^{n-1} f(x) dx$$



Figure 2



Cette expression peut être considérée comme une fonction de production d'invention stochastique. La forme générale qu'elle est censée revêtir est indiquée à la figure 2, qui montre qu'elle se caractérise par une diminution du produit marginal et du produit moyen.

Il est à noter que si le produit marginal diminue, c'est essentiellement parce que seul le maximum de  $x$  a une valeur. Un croisement produisant une descendance de valeur  $x_{12}$  n'a d'intérêt que dans la mesure où  $x_{12}$  est supérieur à  $x_{11}$ . La figure 1 montre avec quelle probabilité il est possible qu'une augmentation donnée de  $x$  devienne plus faible alors que les valeurs des variétés déjà découvertes augmentent. Le chercheur s'intéresse à la petite extrémité de la distribution et épuisera donc en fin de compte la totalité du potentiel disponible.

De nouvelles techniques d'amélioration génétique telles que des méthodes de sélection plus fiables, une amélioration de la production des descendance à partir de caractéristiques parentales particulières, une amélioration des techniques de sélection, etc., peuvent accélérer le processus de recherche et le rendre plus efficace. Elles peuvent permettre aux sélectionneurs d'identifier des caractéristiques de plus grande valeur dans le matériel génétique existant.

Le matériel génétique lui-même peut aussi être amélioré. Dans le cas utilisé comme exemple, de nouveaux cultivars peuvent être obtenus soit par la recherche de variétés sauvages jusqu'alors inexploitées, soit par d'autres programmes d'amélioration génétique consistant en de nouvelles hybridations des variétés originelles et dans la mise au point de nouveaux produits<sup>6</sup>.

L'existence de technologie et de matériel génétique améliorés crée une nouvelle distribution potentielle des inventions, c'est-à-dire un nouveau potentiel d'invention. En d'autres termes, on peut considérer que le potentiel se reconstitue. La distribution représentée par  $f_2(x)$  dans les figures 1 et 2 montre comment cette reconstitution accroît le produit marginal de la R-D.

Une entreprise désirent optimiser le rendement de ses investissements de R-D poursuivra ses recherches jusqu'à ce que la valeur marginale du produit de celles-ci soit égale à leur coût marginal. Si le processus de reconstitution est égal à zéro, la recherche perdra tout son potentiel, c'est-à-dire qu'au bout d'un certain temps, le produit marginal de la recherche sera égal à son coût marginal : il ne sera donc plus rentable d'entreprendre de nouvelles recherches. Si le processus de reconstitution progresse régulièrement d'un taux égal à  $P$ , cette optimisation aboutira à un niveau constant d'investissement en R-D par période, le potentiel productif de la recherche restera inchangé et la valeur de la technologie s'accroîtra de  $P$ . Si  $P$  augmente, l'optimisation implique donc un accroissement du niveau des dépenses de R-D. Le produit marginal n'augmentera pas, mais le produit moyen s'accroîtra, de même que le rythme d'augmentation de la valeur de la technologie. Inversement, si  $P$  diminue, l'optimisation implique une réduction du niveau des dépenses de R-D et une diminution du produit marginal de la R-D<sup>7</sup>. Par conséquent, c'est dans les branches d'activité où le potentiel productif de la R-D est le plus élevé que la recherche sera relativement plus efficace et que la part des ressources consacrées à la recherche sera la plus importante.

### III. LE POTENTIEL PRODUCTIF DE LA RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT A-T-IL DIMINUÉ AU COURS DES ANNÉES 70 ?

L'évolution du potentiel ou de la productivité de la R-D a des implications importantes. Une réduction du potentiel de la R-D peut être considérée comme le résultat d'une diminution du « potentiel d'innovation » des chercheurs ou d'un affaiblissement structurel du processus de R-D (Evenson, 1984). Il doit donc en résulter un ralentissement du rythme des activités de R-D, du flux d'innovation par unité de R-D et de la croissance de la PTF. Une telle diminution du potentiel de la R-D concorderait avec le ralentissement général de l'activité de R-D observé dans les années 70 et avec le fléchissement de la croissance de la PTF. Elle concorderait aussi avec les résultats cités par Griliches (1987), qui suggèrent que le rendement de la R-D a été plus faible en 1977 qu'en 1972, encore que les différences ne soient pas significatives du point de vue statistique.

Etant donné que les données relatives à la R-D mesurent les ressources consacrées à la recherche, elles ne permettent en aucun cas de voir si le potentiel

productif de la R-D a changé au fil des ans. Pour ce faire, il faut examiner le produit de la recherche, qui est malheureusement mal défini d'un point de vue conceptuel et qui est difficile à mesurer. On utilisera ici les brevets pour mesurer le produit de la recherche. Le recours à cet indicateur soulève toutefois un certain nombre de problèmes potentiels. Premièrement, les données relatives aux brevets sont assez instables, dans la mesure où elles varient d'une année à l'autre et d'un secteur à l'autre d'une façon qui est apparemment indépendante du rythme de l'innovation. Cependant, une grande partie de l'instabilité qui existe au niveau des entreprises disparaît si les données sont agrégées au niveau des branches. On peut également atténuer ce problème en procédant à des comparaisons internationales et inter-branches de l'évolution moyenne des prises de brevets sur un certain nombre d'années. Si l'on observe des évolutions relatives analogues des prises de brevets et de la productivité dans les mêmes secteurs et dans un certain nombre de pays au fil des ans, il y a lieu de penser que le potentiel d'invention a effectivement changé.

Selon Schankerman et Pakes (1985), la qualité moyenne des brevets a augmenté et la diminution du nombre des prises de brevets n'est donc pas forcément révélatrice d'une réduction du produit de la R-D. Néanmoins, d'après leur calcul, le nombre de brevets par chercheur, pondéré en fonction de leur qualité, accuse quand même un recul dans les années 70, ce qui tenderait à prouver qu'il s'est produit une diminution du potentiel productif de la recherche. Qui plus est, Mansfield (1986) estime que les entreprises font en fait breveter une plus grande proportion de leurs inventions depuis quelques années, si bien que la diminution du nombre des prises de brevets témoignerait d'un recul encore plus prononcé des inventions.

Enfin, les demandes de brevets sont sans doute influencées par les coûts d'établissement des brevets, à savoir les frais juridiques et de recherche d'antériorité, lesquels peuvent largement dépasser les droits versés à l'office des brevets. La diminution du nombre des brevets peut s'expliquer par une moindre propension à breveter si ces coûts augmentent. Or, il est loin d'être certain que les coûts d'établissement des brevets aient augmenté d'une manière générale dans les pays de l'OCDE. De plus, comme ces coûts évoluent de la même manière pour tous les secteurs d'un même pays, les tendances intersectorielles observées dans un pays donné demeurent significatives.

Un certain nombre d'études récentes ont montré que les brevets sont un indicateur utile pour analyser le processus de changement technologique. Après avoir examiné l'utilité des brevets en tant qu'indicateurs de l'activité invention, Griliches (1984), Griliches et al. (1986) concluent que si les brevets comportent d'importants éléments stochastiques et si leur valeur peut être très variable, leur nombre donne une idée assez juste du produit réel de la recherche.

Comme les dépenses de R-D, les prises de brevets ont accusé un

ralentissement dans les années 70, mais, alors que les dépenses de R-D ont continué de s'accroître à un rythme plus lent, le nombre des brevets a diminué en termes absolus (tableau 3). Dans les grands pays, sauf au Japon, les demandes de brevets ont généralement atteint un point culminant en 1965 ou en 1970. En revanche, dans nombre de pays, elles ont augmenté entre 1980 et 1983. Il est donc possible que la diminution du potentiel productif de la R-D n'ait été que temporaire.

Le rapport entre le nombre des inventions et les dépenses de R-D ou les effectifs de la R-D constitue un point de départ pour analyser l'évolution du potentiel productif de la recherche. Avec une diminution du nombre de demandes de brevets et une augmentation de la consommation de facteurs par la R-D, il est manifeste que le nombre de brevets rapporté à la consommation unitaire de R-D a fortement diminué dans les années 70. Le tableau 4 indique, en moyennes mobiles sur trois ans, l'évolution du rapport entre le nombre de brevets demandés ou délivrés et le nombre de chercheurs ou techniciens travaillant dans le secteur de la R-D (partie A)

**Tableau 3. Nombre total de demandes de brevets**

|                  | 1965   | 1970    | 1975    | 1980    | 1983    |
|------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Etats-Unis       | 72 317 | 76 195  | 64 445  | 62 098  | 59 391  |
| Japon            | 60 796 | 100 511 | 135 118 | 165 730 | 227 708 |
| Allemagne        | 38 148 | 32 772  | 30 198  | 30 582  | 32 140  |
| France           | 17 509 | 14 106  | 12 110  | 11 086  | 11 288  |
| Royaume-Uni      | 24 274 | 25 227  | 20 842  | 19 710  | 20 011  |
| Italie           | 7 473  | 7 241   | 5 977   | 6 375   |         |
| Canada           | 1 854  | 1 986   | 1 853   | 1 785   | 2 017   |
| Australie        | 4 123  | 3 984   | 4 311   | 6 587   | 6 930   |
| Autriche         | 2 714  | 2 267   | 2 525   | 2 345   | 2 388   |
| Belgique         | 1 766  | 1 339   | 1 060   | 992     | 925     |
| Danemark         | 1 153  | 815     | 828     | 964     | 1 167   |
| Finlande         | 819    | 861     | 1 164   | 1 356   | 1 719   |
| Grèce            | 888    | 1 411   | 1 664   | 1 308   | 1 251   |
| Islande          | ..     | 19      | 14      | 19      | 32      |
| Irlande          | 157    | 205     | 329     | 394     | 567     |
| Pays-Bas         | 2 505  | 2 462   | 1 966   | 1 995   | 2 118   |
| Nouvelle-Zélande | 788    | 897     | 1 243   | 1 148   | 1 110   |
| Norvège          | 870    | 938     | 752     | 716     | 825     |
| Portugal         | 128    | 178     | 72      | 92      | 91      |
| Espagne          | 4 089  | 2 966   | 1 903   | 1 876   | 1 369   |
| Suède            | 4 814  | 4 343   | 4 042   | 4 126   | 4 331   |
| Suisse           | 5 721  | 5 927   | 5 834   | 4 313   | 4 212   |
| Turquie          | 99     | 89      | 98      | 134     | ..      |

.. Non disponible.

Source: OCDE, base de données CSTI.

d'une part, et les dépenses réelles de R-D (partie B), de l'autre. Trois rapports sont présentés : le premier concerne les brevets demandés par des inventeurs résidents, le second les brevets délivrés à des inventeurs résidents (par année de dépôt des demandes) et le troisième les demandes de brevets extérieures, c'est-à-dire celles qui sont déposées par des inventeurs d'autres pays.

Sauf dans le cas du Japon, les rapports entre les demandes de brevet et le nombre de chercheurs et techniciens ou les dépenses de R-D ont dans l'ensemble accusé un recul quasi-régulier depuis le milieu des années 60. Pour l'Allemagne, la France et l'Italie, ce recul est très important. Même au Japon, on observe une diminution des demandes de brevets par unité de R-D<sup>8</sup>. Cette évolution s'explique sans doute en partie par une moindre propension générale à déposer des brevets dans les différents pays considérés plutôt que par une diminution du potentiel des

**Tableau 4. Indicateurs de l'efficacité de la recherche**

|   | 1965  | 1970  | 1975  | 1980  | 1983  |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>A. Brevets par chercheur ou technicien travaillant dans la R-D</b> |       |       |       |       |       |
| <b>Demandes de brevets/chercheurs et techniciens</b>                  |       |       |       |       |       |
| Etats-Unis  | 0.185 | 0.199 | 0.185 | 0.131 | 0.121 |
| Japon   | 0.744 | 0.903 | 0.930 | 0.896 | 1.017 |
| Allemagne   | 0.936 | 0.579 | 0.490 | 0.408 | 0.393 |
| France  | 0.875 | 0.542 | 0.411 | 0.330 | 0.295 |
| Royaume-Uni   | 0.373 | 0.374 | 0.338 | 0.257 | 0.263 |
| Italie  | 0.910 | 0.629 | 0.438 | 0.355 | 0.309 |
| Canada  | 0.415 | 0.353 | 0.301 | 0.170 | 0.142 |
| <b>Brevets délivrés/chercheurs et techniciens</b>                     |       |       |       |       |       |
| Etats-Unis  | 0.142 | 0.142 | 0.135 | 0.082 | 0.069 |
| Japon   | 0.205 | 0.195 | 0.230 | 0.207 | 0.196 |
| Allemagne   | 0.287 | 0.160 | 0.158 | 0.121 | 0.101 |
| France  | 0.471 | 0.414 | 0.257 | 0.220 | 0.203 |
| Royaume-Uni   | 0.160 | 0.159 | 0.146 | 0.067 | 0.078 |
| Italie  | 0.653 | 0.517 | 0.342 | 0.167 | 0.143 |
| Canada  | 0.248 | 0.254 | 0.206 | 0.137 | 0.115 |
| <b>Demandes extérieures de brevets/chercheurs et techniciens</b>      |       |       |       |       |       |
| Etats-Unis  | 0.289 | 0.343 | 0.266 | 0.249 | 0.267 |
| Japon   | 0.103 | 0.239 | 0.191 | 0.254 | 0.247 |
| Allemagne   | 1.298 | 1.239 | 0.987 | 1.101 | 0.937 |
| France  | 0.981 | 0.938 | 0.797 | 0.983 | 0.897 |
| Royaume-Uni   | 0.497 | 0.497 | 0.392 | 0.366 | 0.436 |
| Italie  | 0.892 | 0.909 | 0.738 | 0.700 | 0.645 |
| Canada  | 0.148 | 0.183 | 0.142 | 0.111 | 0.093 |

Tableau 4 (suite)

|   | 1965  | 1970  | 1975  | 1980  | 1983  |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>B. Brevets par million d'unités monétaires de 1980 (monnaie nationale) consacrées à la R-D</b> |       |       |       |       |       |
| <b>Demandes de brevets/R-D</b>  |       |       |       |       |       |
| Etats-Unis  | 1.76  | 2.00  | 1.85  | 1.37  | 1.18  |
| Japon   | 64.70 | 58.70 | 63.10 | 52.70 | 52.90 |
| Allemagne   | 3.49  | 2.19  | 1.71  | 1.25  | 1.20  |
| France  | 0.96  | 0.68  | 0.48  | 0.36  | 0.33  |
| Royaume-Uni   | 9.86  | 9.34  | 7.78  | 6.16  | 6.06  |
| Italie  | 9.54  | 6.05  | 4.11  | 3.73  | 3.03  |
| Canada  | 2.09  | 1.99  | 1.78  | 1.14  | 0.99  |
| <b>Brevets délivrés/R-D</b>   |       |       |       |       |       |
| Etats-Unis  | 1.34  | 1.43  | 1.35  | 0.85  | 0.68  |
| Japon   | 17.80 | 12.60 | 15.60 | 12.20 | 10.20 |
| Allemagne   | 1.07  | 0.61  | 0.55  | 0.37  | 0.31  |
| France  | 0.51  | 0.52  | 0.30  | 0.24  | 0.22  |
| Royaume-Uni   | 4.22  | 3.97  | 3.35  | 1.61  | 1.82  |
| Italie  | 6.84  | 4.98  | 3.21  | 1.75  | 1.40  |
| Canada  | 1.25  | 1.43  | 1.22  | 0.92  | 0.80  |
| <b>Demandes extérieures de brevets/R-D</b>  |       |       |       |       |       |
| Etats-Unis  | 2.74  | 3.46  | 2.66  | 2.61  | 2.62  |
| Japon   | 8.96  | 15.51 | 12.92 | 14.47 | 12.85 |
| Allemagne   | 4.84  | 4.69  | 3.44  | 3.37  | 2.86  |
| France  | 1.06  | 1.18  | 0.93  | 1.07  | 0.97  |
| Royaume-Uni   | 13.13 | 12.39 | 9.11  | 8.79  | 10.19 |
| Italie  | 9.35  | 8.76  | 7.21  | 7.35  | 6.31  |
| Canada  | 0.75  | 1.03  | 0.84  | 0.75  | 0.65  |

Note: Pour le Japon et l'Italie, la base de calcul est le milliard de yen et de liras. Les données relatives à la R-D sont les dépenses de R-D des entreprises en monnaie nationale, corrigées de l'inflation. Pour les chercheurs et les techniciens, des séries « équivalent temps complet » du personnel de R-D des entreprises ont été utilisées. Les données relatives aux brevets sont empruntées à l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI); il s'agit de moyennes mobiles centrées sur trois ans, sauf pour 1983, où la moyenne 1982-83 est utilisée.

brevets. La deuxième série de rapports, calculés sur la base des brevets délivrés, est probablement plus révélatrice du potentiel général de la recherche. Ces ratios accusent aussi un vif recul, mais, là encore, dans le cas du Japon, le nombre de brevets délivrés par chercheur ou technicien diminue relativement peu. Les chiffres rapportés à la R-D font apparaître une baisse plus prononcée, qui s'explique par l'augmentation du coût de la R-D. Les chiffres concernant les demandes extérieures de brevets suivent les mêmes évolutions relatives dans tous les pays, mais les reculs sont assez faibles ou laissent même la place à une légère augmentation tendancielle<sup>9</sup>. Les demandes extérieures de brevets ont progressé plus vite que les

demandes intérieures dans tous les pays depuis le milieu des années 60, parallèlement à l'expansion des marchés internationaux des inventions et, d'une manière générale, des échanges et des investissements extérieurs. Sauf dans le cas du Japon, la diminution des rapports a été suffisamment importante pour donner à penser que le potentiel de la R-D a vraisemblablement subi une certaine érosion. Une telle diminution du potentiel de la R-D concorde avec le ralentissement de l'intensité de R-D et celui de la croissance de la PTF.

L'évolution de ces mêmes rapports pour chacun des secteurs industriels d'un pays donné tend à confirmer ces observations. En principe, un changement de la propension à déposer des brevets devrait avoir des effets relativement peu différenciés suivant les branches d'activité. En d'autres termes, une augmentation du coût des brevets ou un accroissement général des effectifs scientifiques devraient avoir des effets analogues quel que soit le secteur considéré. Les divers secteurs d'activité se différencient par des traditions distinctes en matière de prise de brevets, par la nature des technologies utilisées et par leur organisation, qui sont à l'origine des différences de niveau entre les rapports considérés. Dans la mesure où ils sont relativement stables, ces facteurs ne devraient pas influencer sur l'évolution de ces rapports au fil des ans. L'évolution du potentiel productif de la recherche, en revanche, est différente suivant les secteurs et devrait se traduire par des variations non uniformes des rapports dans les différentes branches d'activité. Par conséquent, si l'on observe des différences importantes dans l'évolution de ces rapports, on a de bonnes raisons de penser que celles-ci sont attribuables à des variations du potentiel productif de la recherche<sup>10</sup>.

Le tableau 5 indique pour les Etats-Unis le nombre de brevets dans chaque branche d'activité, calculé sur la base d'un tableau de concordance de l'Office of Technology Assessment and Forecasting (OTAF) de ce pays. Il ressort de ce tableau que les reculs observés varient sensiblement suivant les secteurs : relativement peu importants dans l'aéronautique, l'industrie spatiale et l'industrie alimentaire, ils sont très marqués dans les secteurs de la métallurgie de base, de la construction mécanique (hors construction électrique) et des instruments scientifiques et professionnels. Cela tend à prouver que le potentiel productif de la recherche n'est pas resté constant ces dernières années. Il est peu probable qu'une diminution globale de la propension à déposer des brevets puisse expliquer la forte hétérogénéité des changements observés suivant les secteurs.

Les inventions et les sources d'innovation ne sont pas limitées à un seul pays mais ont, dans une certaine mesure, un caractère international, notamment dans les pays développés. Par conséquent, s'il se produit un ralentissement des possibilités d'invention dans des secteurs donnés, celui-ci devrait en principe se traduire par des mouvements analogues du rythme des prises de brevets dans les mêmes secteurs de différents pays, même s'il subsiste d'importantes différences de niveau entre pays. Le tableau 6 présente des statistiques des brevets correspondant à

**Tableau 5. Indicateurs du produit de la recherche  
dans différents secteurs d'activité aux Etats-Unis**

|   | 1965  | 1970  | 1975  | 1981  | Rapport<br>1981/1965 |
|---|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| <b>A. Brevets par chercheurs et techniciens</b>                     |       |       |       |       |                      |
| Construction électrique   | 0.102 | 0.107 | 0.087 | 0.057 | 0.56                 |
| Produits chimiques  | 0.153 | 0.140 | 0.122 | 0.099 | 0.65                 |
| Pétrole et gaz naturel  | 0.083 | 0.072 | 0.070 | 0.050 | 0.60                 |
| Aéronautique, espace  | 0.005 | 0.006 | 0.007 | 0.004 | 0.82                 |
| Véhicules à moteur  | 0.009 | 0.008 | 0.007 | 0.004 | 0.45                 |
| Métaux primaires  | 0.086 | 0.072 | 0.050 | 0.023 | 0.27                 |
| Fabrications métalliques  | 0.67  | 0.66  | 0.50  | 0.30  | 0.45                 |
| Instruments scientifiques et professionnels                         | 0.39  | 0.40  | 0.271 | 0.130 | 0.33                 |
| Machines non électriques  | 1.01  | 0.75  | 0.500 | 0.260 | 0.26                 |
| Produits alimentaires et apparentés                                 | 0.046 | 0.064 | 0.054 | 0.038 | 0.83                 |
| Textiles  | 0.129 | 0.144 | 0.135 | 0.101 | 0.78                 |
| Caoutchouc et matières plastiques                                   | 0.240 | 0.212 | 0.206 | 0.152 | 0.63                 |
| Pierre, argile, verre   | 0.255 | 0.235 | 0.170 | 0.134 | 0.53                 |
| <b>B. Brevets par million de dollars de 1980 consacrés à la R-D</b> |       |       |       |       |                      |
| Construction électrique   | 2.02  | 2.04  | 1.63  | 1.20  | 0.59                 |
| Produits chimiques  | 3.29  | 3.05  | 2.57  | 1.91  | 0.58                 |
| Pétrole et gaz naturel  | 1.85  | 1.28  | 1.09  | 0.75  | 0.41                 |
| Aéronautique, espace  | 0.066 | 0.089 | 0.10  | 0.065 | 0.99                 |
| Véhicules à moteur  | 0.580 | 0.525 | 0.404 | 0.196 | 0.35                 |
| Métaux primaires  | 1.97  | 1.89  | 1.290 | 0.650 | 0.33                 |
| Fabrications métalliques  | 5.73  | 4.60  | 3.50  | 2.50  | 0.44                 |
| Instruments scientifiques et professionnels                         | 7.59  | 6.61  | 5.33  | 2.66  | 0.35                 |
| Machines non électriques  | 7.84  | 5.23  | 3.38  | 1.98  | 0.25                 |
| Produits alimentaires et apparentés                                 | 0.95  | 1.15  | 1.44  | 0.81  | 0.85                 |
| Textiles  | 4.80  | 5.90  | 4.07  | 3.16  | 0.66                 |
| Caoutchouc et matières plastiques                                   | 8.14  | 6.03  | 4.31  | 4.25  | 0.53                 |
| Pierre, argile, verre   | 5.62  | 5.65  | 4.07  | 3.19  | 0.57                 |

Source: National Science Board, *Science Indicators: the 1984 Report*.

différentes branches d'activité au Japon, sur la base d'une classification inspirée de la Classification internationale des brevets, comparable à la table de concordance de l'Office européen des brevets. On observe une corrélation assez nette avec les statistiques présentées dans le tableau 5 pour les Etats-Unis : le nombre de brevets par chercheur et technicien a accusé le recul le plus prononcé dans les secteurs du matériel de transport et de la construction mécanique (hors construction électrique), alors que la diminution la moins sensible a été enregistrée dans les industries alimentaire et textile.



**Tableau 6. Demandes de brevets par chercheur et technicien et en proportion des dépenses de R-D au Japon, 1967-1976**

|  | Brevets par chercheur et technicien |         |         |                           | Brevets par million de yen de 1970 consacrés à la R-D |         |         |                           |
|--|-------------------------------------|---------|---------|---------------------------|---|---------|---------|---------------------------|
|  | 1967-68                             | 1971-72 | 1975-76 | $\frac{1975-76}{1967-68}$ | 1967-68   | 1971-72 | 1975-76 | $\frac{1975-76}{1967-68}$ |
|  | Produits chimiques                  | 1.60    | 1.30    | 1.42                      | 0.89  | 0.425   | 0.187   | 0.218                     |
| Machines non électriques                 | 3.28                                | 2.66    | 2.33    | 0.71                      | 0.948   | 0.422   | 0.273   | 0.29                      |
| Machines électriques                     | 1.23                                | 0.93    | 1.12    | 0.91                      | 0.378   | 0.132   | 0.197   | 0.52                      |
| Matériel de transport et de construction | 2.08                                | 1.49    | 1.32    | 0.63                      | 0.328   | 0.136   | 0.110   | 0.33                      |
| Textiles et produits ménagers            | 4.82                                | 5.54    | 4.89    | 1.01                      | 1.413   | 1.071   | 0.988   | 0.70                      |
| Produits alimentaires                    | 1.37                                | 0.84    | 1.38    | 1.01                      | 0.494   | 0.169   | 0.270   | 0.55                      |
| Ensemble des branches                    | 1.80                                | 1.43    | 1.54    | 0.86                      | 0.733   | 0.200   | 0.236   | 0.43                      |

Source: Evenson (1984).

**Tableau 7. Prises de brevets dans certains pays et groupes de pays suivant le type de technologie : 1975-77 et 1980-82**

**Brevets délivrés**

|                      | Toutes technologies | Robotique | Lasers | Micro-biologie-enzymologie | Médicaments | Circuits intégrés | Télécommunications | Moteurs à combustion interne | Sidérurgie |
|----------------------|---------------------|-----------|--------|----------------------------|-------------|-------------------|--------------------|------------------------------|------------|
| <b>Total mondial</b> |                     |           |        |                            |             |                   |                    |                              |            |
| 1975-77              | 1197447             | 481       | 2814   | 1760                       | 57987       | 8080              | 28636              | 16887                        | 18745      |
| 1980-82              | 1240822             | 1093      | 4289   | 9581                       | 58176       | 12766             | 37783              | 18762                        | 18529      |
| <b>Etats-Unis</b>    |                     |           |        |                            |             |                   |                    |                              |            |
| 1975-77              | 320338              | 134       | 1326   | 361                        | 17291       | 3499              | 7742               | 4363                         | 3077       |
| 1980-82              | 284670              | 148       | 1295   | 2463                       | 16773       | 3433              | 8461               | 3942                         | 2653       |
| <b>Japon</b>         |                     |           |        |                            |             |                   |                    |                              |            |
| 1975-77              | 176278              | 44        | 312    | 820                        | 9016        | 1460              | 3278               | 2287                         | 5531       |
| 1980-82              | 251219              | 144       | 1568   | 3265                       | 11568       | 6068              | 13794              | 3416                         | 7323       |
| <b>Allemagne</b>     |                     |           |        |                            |             |                   |                    |                              |            |
| 1975-77              | 736448              | 72        | 357    | 231                        | 10007       | 1324              | 6207               | 4305                         | 2438       |
| 1980-82              | 212129              | 150       | 421    | 1172                       | 8102        | 1223              | 5651               | 5434                         | 1842       |
| <b>France</b>        |                     |           |        |                            |             |                   |                    |                              |            |
| 1975-77              | 81292               | 48        | 282    | 47                         | 4393        | 390               | 2598               | 1884                         | 944        |
| 1980-82              | 73576               | 72        | 270    | 422                        | 4413        | 549               | 2373               | 1498                         | 688        |
| <b>Royaume-Uni</b>   |                     |           |        |                            |             |                   |                    |                              |            |
| 1975-77              | 83879               | 15        | 134    | 145                        | 7187        | 297               | 2071               | 1581                         | 756        |
| 1980-82              | 77832               | 43        | 211    | 602                        | 7055        | 329               | 1793               | 1451                         | 460        |
| <b>Autres pays</b>   |                     |           |        |                            |             |                   |                    |                              |            |
| 1975-77              | 299212              | 168       | 403    | 156                        | 10093       | 1110              | 6740               | 2467                         | 5999       |
| 1980-82              | 341396              | 536       | 524    | 1657                       | 10265       | 1164              | 5711               | 3021                         | 5563       |

Source: National Science Board, *Science Indicators: The 1985 Report*.

Enfin, on peut observer que dans une partie au moins des industries qui semblent être à l'origine d'innovations et d'applications de la recherche scientifique, le nombre des brevets n'a pas diminué ou a même augmenté rapidement (tableau 7). Qui plus est, les progrès constatés dans ces domaines de haute technologie ne se limitent généralement pas à un seul pays. De même, dans les industries « lourdes » (deux dernières colonnes du tableau 7), les prises de brevets sont restées généralement stationnaires dans la plupart des pays.

#### IV. ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE PAR BRANCHE D'ORIGINE ET BRANCHE UTILISATRICE

Pour compléter la chaîne allant des ressources consacrées à la recherche au produit de la recherche, au changement technologique et à l'évolution de la PTF, il importe de reconnaître de façon explicite que la branche ou l'entreprise qui est à l'origine de la recherche n'est pas forcément celle qui, en définitive, utilise les inventions ou les innovations, ou en bénéficie. La R-D réalisée dans une branche d'activité peut donner lieu à des inventions qui sont utilisées dans la même branche ; il s'agit souvent, mais pas toujours, d'inventions de procédés. Mais nombre d'inventions sont utilisées dans d'autres branches d'activité ; il s'agit généralement d'inventions de produits, qui sont le plus souvent utilisées dans les branches qui achètent le nouveau produit.

La distinction entre la branche d'origine et la branche utilisatrice est rendue nécessaire par les difficultés qu'il y a à comparer en termes réels des produits nouveaux ou améliorés avec des produits traditionnels, – c'est-à-dire à évaluer la composante « qualité » des augmentations de prix. Bien que, dans certains cas, il soit possible de comparer le prix d'un nouveau produit avec celui d'un produit existant de manière à déterminer sa valeur relative, on considère souvent que l'entreprise innovatrice accroît ses bénéfices en augmentant ses prix, alors que l'entreprise utilisatrice du produit réalise des gains de productivité. C'est à cette conclusion que l'on a abouti à plusieurs reprises dans des études portant sur la construction des indices de prix (Gordon, 1971). Par ailleurs, on s'est aperçu que les entreprises novatrices ne bénéficient que d'une part relativement réduite des rentes procurées par les innovations.

Pour reprendre, en l'adaptant, un exemple donné par Griliches (1979), considérons le cas d'une nouvelle ampoule électrique qui peut être produite avec la même quantité de facteurs que les modèles précédents, mais dure deux fois plus longtemps. La firme qui l'a mise au point peut la vendre à un prix deux fois plus élevé que celui de l'ancien modèle. Si les autorités statistiques reconnaissent la qualité de cette amélioration, on aura l'impression que, pour la production d'une même

quantité d'ampoules, la production de l'entreprise et sa productivité ont doublé. En revanche, la PTF de la branche utilisatrice restera inchangée lorsqu'elle achètera une nouvelle ampoule au lieu de deux anciennes. Si une partie de l'augmentation de prix est considérée comme une simple majoration, on aura l'impression que la consommation réelle de la branche utilisatrice a diminué. Cependant, comme une nouvelle ampoule assure le même service que deux ampoules anciennes, toutes choses étant égales par ailleurs, la valeur ajoutée réelle et, par conséquent, la productivité mesurée auront augmenté. On obtiendra des résultats analogues avec d'autres hypothèses concernant la fixation des prix et la concurrence. Il convient de noter qu'aucun de ces changements ne modifie la valeur des facteurs de production, de la production ou des bénéfices en termes nominaux, mais qu'ils se traduisent simplement par une redistribution des gains de productivité entre les entreprises.

Il est difficile de modéliser les flux technologiques allant d'une branche d'activité à une autre car il n'existe pas d'unité de mesure de la technologie qui soit clairement définie. Néanmoins, comme on l'a vu précédemment, les brevets peuvent être considérés comme un indicateur assez valable des flux d'innovations. En classant chaque brevet déposé par une branche d'activité donnée en fonction des branches pour lesquelles il présente le plus d'utilité (et qui peuvent comprendre la branche d'origine), on peut établir une table de concordance retraçant le parcours des brevets entre la branche d'origine et la branche Utilisatrice<sup>1</sup>. Jusqu'à présent, cette analyse n'a été faite de façon systématique que dans le système canadien où chaque brevet est classé en fonction de sa branche d'origine et de sa branche utilisatrice. La construction de cette table de concordance est décrite de façon plus détaillée dans l'annexe A et dans Evenson et Putnam (1988).

A partir des statistiques canadiennes, une matrice a été construite dans laquelle les inventions par branche d'origine sont mises en relation avec les inventions par branche utilisatrice. En calculant la proportion des inventions brevetées par une branche d'activité mais utilisées dans d'autres branches, il est possible d'estimer le flux de technologie. Le tableau 8 reproduit une matrice des flux technologiques établie à l'aide des statistiques canadiennes et utilisant une ventilation par branches d'activité pour lesquelles on dispose de données sur la PTF. Le total de chaque colonne est égal à 1. Si l'on prend, par exemple, les inventions ayant pour origine le secteur des fabrications métalliques, la table de concordance montre qu'elles sont principalement utilisées dans l'industrie mécanique (42.8 pour cent) et dans le secteur de la construction (28.9 pour cent). Cette matrice peut être utilisée pour d'autres pays à condition que le degré de détail de la ventilation ne soit pas trop poussé. Cela tient au fait que, d'une part, les technologies utilisées dans les pays de l'OCDE sont à peu près homogènes ; et que, d'autre part, la relation entre branche d'origine et branche utilisatrice est analysée à un niveau très détaillé<sup>12</sup>. En revanche, si la structure des flux de technologie canadiens était très différente de celle des autres pays, l'application de cette table de concordance risquerait de

Tableau 8. Table de concordance entre branches d'origine et branches utilisatrices au Canada

| Branches utilisatrices                             | Branches d'origine    |          |       |        |                    |                      |                                   |                     |                          |                       |                     |                          |                       |                  |                        |              |       |
|--|-----------------------|----------|-------|--------|--------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|--------------|-------|
|  | Produits alimentaires | Textiles | Bois  | Papier | Produits chimiques | Raffinage du pétrole | Caoutchouc et matières plastiques | Matériel électrique | Machines non électriques | Matériel de transport | Métallurgie de base | Fabrications métalliques | Pierre, argile, verre | Autres ind. man. | Industries extractives | Construction |       |
| Produits alimentaires                              | 0.684                 | 0.002    | 0.008 | 0.055  | 0.028              |                      | 0.061                             | 0.002               | 0.042                    |                       |                     | 0.014                    | 0.009                 | 0.006            |                        |              | 0.015 |
| Textiles   |                       | 0.370    |       | 0.023  | 0.025              |                      | 0.011                             |                     | 0.018                    |                       |                     | 0.003                    | 0.005                 | 0.018            |                        |              |       |
| Bois   |                       | 0.030    | 0.325 | 0.008  | 0.004              |                      | 0.004                             |                     | 0.014                    |                       |                     | 0.003                    | 0.027                 | 0.002            | 0.006                  |              |       |
| Papier   |                       | 0.030    | 0.005 | 0.394  | 0.025              | 0.014                | 0.003                             | 0.005               | 0.058                    |                       |                     | 0.003                    | 0.003                 | 0.001            | 0.015                  |              |       |
| Produits chimiques                                 | 0.009                 | 0.311    | 0.005 | 0.071  | 0.674              | 0.407                | 0.337                             | 0.004               | 0.130                    |                       |                     | 0.013                    | 0.029                 | 0.023            | 0.016                  |              | 0.015 |
| Construction mécanique                             |                       | 0.040    | 0.052 | 0.050  | 0.065              | 0.348                | 0.280                             | 0.758               | 0.335                    | 0.911                 | 0.319               | 0.428                    | 0.134                 | 0.177            |                        |              | 0.028 |
| Métallurgie de base                                |                       | 0.010    | 0.003 |        | 0.007              | 0.029                |                                   | 0.005               | 0.056                    |                       |                     | 0.363                    | 0.015                 | 0.028            | 0.007                  | 0.050        |       |
| Pierre, argile, verre                              |                       | 0.010    |       | 0.005  | 0.005              |                      | 0.006                             | 0.002               | 0.026                    |                       |                     | 0.003                    | 0.007                 | 0.430            | 0.004                  | 0.050        |       |
| Autres industries manufacturières                  |                       | 0.030    | 0.042 | 0.025  | 0.017              | 0.004                | 0.020                             | 0.025               | 0.011                    |                       |                     | 0.012                    | 0.007                 | 0.022            | 0.208                  |              |       |
| Industries extractives                             |                       |          |       |        | 0.007              | 0.008                | 0.003                             | 0.008               | 0.071                    | 0.004                 | 0.012               | 0.026                    | 0.020                 | 0.022            | 0.500                  | 0.082        |       |
| Construction                                       |                       | 0.030    | 0.254 | 0.080  | 0.008              | 0.088                | 0.140                             | 0.047               | 0.056                    | 0.056                 | 0.169               | 0.289                    | 0.270                 | 0.022            |                        | 0.520        |       |
| Agriculture  | 0.280                 | 0.020    | 0.014 | 0.025  | 0.027              |                      | 0.025                             | 0.003               | 0.060                    | 0.003                 | 0.002               | 0.014                    | 0.014                 | 0.027            | 0.100                  | 0.205        |       |
| Transports   |                       | 0.003    | 0.035 | 0.124  | 0.001              | 0.081                | 0.066                             | 0.054               | 0.089                    | 0.016                 | 0.079               | 0.090                    | 0.019                 | 0.020            | 0.300                  | 0.071        |       |
| Gros et détail                                     | 0.025                 | 0.002    | 0.104 | 0.033  | 0.004              | 0.011                | 0.025                             | 0.025               | 0.013                    | 0.001                 | 0.003               | 0.010                    | 0.007                 | 0.023            |                        |              |       |
| Institutions financières                           |                       |          | 0.009 | 0.014  |                    |                      |                                   | 0.003               | 0.001                    |                       |                     | 0.004                    | 0.001                 |                  |                        |              |       |
| Immobilier   |                       |          | 0.050 | 0.025  | 0.009              |                      | 0.006                             | 0.020               | 0.002                    | 0.004                 |                     | 0.002                    | 0.001                 | 0.106            |                        | 0.008        |       |
| Services sociaux et privés                         | 0.002                 | 0.100    | 0.088 | 0.060  | 0.087              |                      | 0.065                             | 0.030               | 0.016                    | 0.005                 | 0.016               | 0.015                    | 0.013                 | 0.314            |                        | 0.021        |       |
| Services assurés par les administrations publiques |                       | 0.012    | 0.005 | 0.009  | 0.007              | 0.010                | 0.003                             | 0.009               | 0.002                    |                       | 0.003               | 0.015                    | 0.001                 | 0.009            |                        | 0.035        |       |

donner des résultats absurdes. Pour vérifier facilement l'utilité de la concordance, il suffit de s'assurer que la matrice des flux technologiques établit un lien plus net entre la R-D et la PTF qu'une simple analyse par branche d'origine.

Dans le tableau 8, des secteurs comme les transports, les services, l'immobilier, le commerce de gros et de détail ne figurent pas parmi les branches d'origine car ils ne déposent que très peu de brevets. En revanche, les coefficients d'utilisation des inventions par ces secteurs donnent à penser qu'ils bénéficient des recherches réalisées dans la plupart des branches d'activités énumérées. Par exemple, les services sociaux et les services aux ménages utilisent environ 10 pour cent des brevets déposés par l'industrie textile, tandis que le secteur des transports utilise 9 pour cent des innovations provenant des secteurs de la construction mécanique (hors construction électrique) et des fabrications métalliques, et 30 pour cent des brevets déposés par les industries extractives. La table de concordance donne à penser que le secteur qui utilise le plus grand nombre d'innovations est celui des industries manufacturières.

Ce type de données sur les flux technologiques entre branches ne permet toutefois pas de tenir compte de toutes les activités d'innovation. Premièrement, cette table de concordance ne rend pas compte des flux d'innovation provenant de la recherche universitaire ou du secteur public. Deuxièmement, ni les données relatives à la R-D, ni la table de concordance ne permettent de tenir compte des activités d'innovation dites « immatérielles », comme la conception de logiciels informatiques, dont l'importance s'accroît rapidement (Soete, 1987). Troisièmement, la croissance de la productivité dans les industries non manufacturières peut être liée au développement et à la commercialisation de nouveaux produits et réseaux de distribution, et non à des dépenses effectives de R-D ou de software. Certains nouveaux instruments financiers ou les magasins à grande surface, dont le chiffre d'affaires est considérable mais dont les marges sont faibles, en sont des exemples. Par conséquent, la table de concordance ne mesure qu'une partie de l'activité d'innovation. Néanmoins, il n'est pas certain que les services bénéficient beaucoup plus que les autres secteurs de ces flux détournés d'innovation, et l'avantage considérable des industries manufacturières du point de vue des flux d'innovation mesurés donne à penser que les activités non manufacturières accusent sans doute un certain retard en matière d'innovation et de gains de productivité.

La table de concordance peut être utilisée pour identifier les secteurs qui importent et exportent de la technologie, mesurée par les chiffres relatifs aux brevets et à la R-D. Si l'on considère que chaque brevet provenant d'une branche d'activité intègre la même quantité de R-D, c'est-à-dire que l'agriculture, par exemple, qui utilise 28 pour cent des brevets déposés par l'industrie alimentaire bénéficie par là même de 28 pour cent de la R-D effectuée dans ce secteur<sup>3</sup>, on peut identifier les branches importatrices et exportatrices de technologie à l'intérieur d'un pays donné (tableau 9). En général, on observe à peu près la même structure dans tous les pays,

**Tableau 9. Rapport entre la R-D utilisée et la R-D produite dans une même branche (base de calcul : dépenses de R-D)**

**Année 1983**

|                                   | Etats-Unis | Japon | Allemagne | France | Royaume-Uni | Italie | Canada |
|-----------------------------------|------------|-------|-----------|--------|-------------|--------|--------|
| Produits alimentaires             | 1.92       | 1.22  | 2.02      | 1.67   | 1.30        | 2.43   | 0.97   |
| Textiles                          | 3.78       | 1.02  | 2.05      | 1.37   | 2.25        | 1.05   | 1.13   |
| Bois                              | 1.81       | 1.20  | 1.27      | 3.88   | 3.67        | 15.66  | 0.74   |
| Papier                            | 2.08       | 2.23  | 4.45      | 3.78   | 3.12        | 10.54  | 0.87   |
| Produits chimiques                | 0.82       | 0.85  | 0.80      | 0.77   | 0.79        | 0.76   | 0.68   |
| Construction mécanique            | 0.48       | 0.79  | 0.69      | 0.57   | 0.54        | 0.64   | 0.59   |
| Métallurgie de base               | 0.70       | 0.44  | 0.44      | 0.52   | 0.74        | 0.33   | 0.51   |
| Pierre, argile, verre             | 1.30       | 0.67  | 1.05      | 0.77   | 1.14        | 2.37   | 1.87   |
| Autres industries manufacturières | 0.28       | 0.17  | 0.26      | 0.15   | 0.36        | 0.20   | 0.23   |
| Industries extractives            | ..         | 5.76  | 1.27      | 2.11   | 1.27        | 7.93   | 0.81   |
| Construction                      | ..         | 3.18  | 10.78     | 7.46   | 8.07        | 4.70   | ..     |

*Note :* Un rapport de 1.0 signifie qu'une branche produit autant de R-D qu'elle en utilise.

les secteurs de l'alimentation, des textiles, du bois, du papier, des industries extractives et de la construction étant de gros importateurs de technologie en provenance d'autres secteurs, l'industrie chimique, la construction mécanique et la métallurgie de base exportant leurs technologies vers les autres branches d'activité. Le Canada fait exception à certains aspects de cette tendance générale. Les rapports correspondant aux industries importatrices varient beaucoup car, comme on l'a vu plus haut, les dénominateurs, qui représentent les dépenses de R-D de ces industries, sont souvent très faibles.

Si l'on exprime ces flux technologiques en termes monétaires et si on les cumule en utilisant un taux d'obsolescence et un niveau de référence constant (voir annexe B), on obtient une estimation des stocks de technologie accumulés par chaque branche d'activité (tableau 10). Le rapport entre ce stock de technologie et la production donne une assez bonne indication de l'intensité technologique de chaque secteur et peut donc être comparé au niveau de la PTF de la branche considérée.

Même sans effectuer de régression, ces estimations mettent en évidence un certain nombre de points intéressants. Premièrement, dans chaque pays, les industries manufacturières ont accumulé un stock important de technologie par rapport à leur production. Les niveaux de ce stock sont différents car, comme on l'a vu plus haut, les intensités de recherche diffèrent selon les pays, l'Italie et le Canada étant beaucoup moins actifs dans ce domaine que les autres grands pays.

**Tableau 10. Stocks de R-D par branche d'origine (OR) et par branche utilisatrice [UT]  
en pourcentage de la production en 1983**

|  | Etats-Unis |       | Japon |       | Allemagne |       | France |       | Royaume-Uni |       | Italie |       | Canada |       |
|--|------------|-------|-------|-------|-----------|-------|--------|-------|-------------|-------|--------|-------|--------|-------|
|  | OR         | UT    | OR    | UT    | OR        | UT    | OR     | UT    | OR          | UT    | OR     | UT    | OR     | UT    |
| <b>Industries manufacturières</b>                  | 106.20     | 52.72 | 29.03 | 21.46 | 47.63     | 34.63 | 51.97  | 28.96 | 116.03      | 47.84 | 18.07  | 13.39 | 28.17  | 15.44 |
| Produits alimentaires                              | 11.90      | 17.71 | 9.16  | 10.51 | 2.52      | 7.59  | 4.02   | 6.38  | 14.28       | 17.58 | 0.87   | 2.20  | ..     | ..    |
| Textiles   | 7.23       | 10.48 | 14.41 | 12.05 | 4.76      | 11.01 | 7.59   | 8.82  | 9.31        | 25.47 | 1.77   | 1.96  | ..     | ..    |
| Bois   | 5.01       | 8.46  | ..    | ..    | 3.48      | 6.38  | ..     | ..    | ..          | ..    | ..     | ..    | ..     | ..    |
| Papier   | 9.05       | 15.44 | 10.48 | 18.00 | 2.78      | 19.77 | 2.56   | 13.15 | 8.36        | 19.21 | 0.53   | 3.80  | ..     | ..    |
| Produits chimiques                                 | 79.33      | 66.63 | 53.51 | 43.16 | 71.38     | 54.51 | 67.63  | 55.26 | 103.75      | 87.29 | 35.75  | 28.83 | ..     | ..    |
| Construction mécanique                             | 187.57     | 78.49 | 32.31 | 27.12 | 64.74     | 42.97 | 97.30  | 50.83 | 171.02      | 77.47 | 30.27  | 25.56 | ..     | ..    |
| Métallurgie de base                                | 54.79      | 33.44 | 28.60 | 12.13 | 36.39     | 20.96 | 9.56   | 6.43  | 29.38       | 21.21 | 5.94   | 4.41  | ..     | ..    |
| Pierre, argile, verre                              | 32.19      | 29.30 | 20.53 | 13.55 | 8.71      | 12.02 | 24.06  | 15.71 | 19.52       | 23.39 | 0.82   | 1.31  | ..     | ..    |
| Autres ind. man.                                   | 32.55      | 7.26  | 21.57 | 3.70  | 24.60     | 11.08 | 15.67  | 1.77  | 10.55       | 3.08  | 22.96  | 2.21  | ..     | ..    |
| <b>Industries non manufacturières</b>              | ..         | 3.83  | ..    | 3.48  | ..        | 4.54  | ..     | 2.59  | ..          | 6.22  | ..     | 1.16  | ..     | 1.96  |
| Industries extractives                             | ..         | 8.26  | 11.97 | 34.84 | 37.16     | 47.08 | ..     | ..    | 2.99        | 5.53  | ..     | ..    | 4.70   | 3.42  |
| Construction                                       | ..         | 18.46 | 2.94  | 8.59  | 0.72      | 11.24 | 4.56   | 9.25  | 2.94        | 19.22 | 1.42   | 4.01  | ..     | 4.76  |
| Transports   | ..         | 11.59 | ..    | 6.37  | ..        | 10.54 | ..     | 8.34  | ..          | 11.27 | ..     | 2.37  | ..     | 4.32  |
| Commerce de gros et de détail                      | ..         | 1.25  | ..    | 0.68  | ..        | 1.52  | ..     | 0.87  | ..          | 1.80  | ..     | 0.27  | ..     | 0.57  |
| Institutions financières                           | ..         | 0.47  | ..    | ..    | ..        | 0.33  | ..     | 0.30  | ..          | ..    | ..     | ..    | ..     | ..    |
| Immobilier   | ..         | 0.99  | ..    | ..    | ..        | 2.10  | ..     | 0.57  | ..          | ..    | ..     | ..    | ..     | ..    |
| Services sociaux et privés                         | ..         | 5.46  | ..    | 3.08  | ..        | 4.65  | ..     | 5.06  | ..          | 13.85 | ..     | 1.01  | ..     | 4.85  |
| Services assurés par des administrations publiques | ..         | 0.65  | ..    | 0.61  | ..        | 0.64  | ..     | 0.42  | ..          | 0.61  | ..     | 0.20  | ..     | 0.17  |
| <b>Total secteur des entreprises</b>               | ..         | 14.83 | ..    | 10.45 | ..        | 15.03 | ..     | 10.03 | ..          | 20.43 | ..     | 4.89  | ..     | 5.57  |

*Note:* La production est mesurée par la valeur ajoutée dans chaque secteur. Voir l'annexe B pour la méthode utilisée pour calculer les stocks de R-D.

Deuxièmement, et cela est plus important pour l'analyse de l'évolution de la PTF, relativement peu de technologies semblent avoir été transférées vers les secteurs non manufacturiers. (Les industries extractives du Japon et de l'Allemagne font exception à cette règle, mais cela s'explique par la très faible production de ces pays dans ce domaine, ainsi que par le fait que l'application d'une table de concordance fondée sur les statistiques canadiennes à d'autres pays peut introduire une distorsion à ce niveau d'agrégation). Là encore, on est donc amené à penser que les secteurs non manufacturiers doivent bénéficier d'un flux très important d'innovations non brevetables pour compenser la concentration des innovations brevetables dans les industries manufacturières.

## V. RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT ET ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ TOTALE DES FACTEURS

On analysera dans cette section dans quelle mesure le niveau de la PTF des différents secteurs est lié à leur stock de R-D, et l'on cherchera à voir si l'hypothèse d'une diminution du potentiel productif de la R-D se confirme<sup>14</sup>. Les résultats présentés ci-dessous en ce qui concerne les industries manufacturières semblent mettre en évidence une influence positive considérable de la R-D sur la PTF ; dans sept cas sur huit, les coefficients estimés pour la R-D des industries utilisatrices sont positifs et globalement significatifs, même si les effets estimés varient beaucoup d'un secteur à l'autre (tableau 11).

Ces résultats concordent généralement avec ceux des travaux qui ont déjà été réalisés, c'est-à-dire qu'ils font apparaître un lien étroit entre les dépenses de R-D et la croissance de la productivité, et confirment également les conclusions auxquelles aboutissent Scherer (1982) et Griliches et Lichtenberg (1984), à savoir que la R-D au niveau des branches utilisatrices est très nettement en rapport avec l'évolution de la productivité. En particulier, il est à noter que les industries chimiques et la construction mécanique, dans lesquelles l'utilisation de la R-D est très concentrée et qui, comme on l'a vu plus haut, regroupent la plupart des industries de haute technologie, réagissent très fortement à l'utilisation de la R-D et aux dépenses de R-D. L'industrie textile constitue une exception dans la mesure où elle y est aussi très sensible, mais où l'intensité de R-D y est assez faible.

Dans le cas du secteur non manufacturier, le lien entre la R-D et la PTF est moins net que dans les industries manufacturières ; les coefficients relatifs au stock de R-D sont négatifs, parfois de façon significative, dans quatre cas sur huit. Bien que ces coefficients négatifs soient difficiles à expliquer, les résultats concordent beaucoup moins bien, globalement, pour le secteur non manufacturier que pour les industries manufacturières. La faiblesse des flux d'innovation allant vers le secteur



Tableau 11. **Coefficients estimés du stock de R-D dans les équations de PTF<sup>a</sup>**

Ces équations sont estimées à l'aide des chiffres annuels observés entre 1970 et 1983 environ dans six pays<sup>b</sup>

|  | Régression 1<br>R-D de la branche<br>utilisatrice | Régression 2<br>R-D de la branche<br>d'origine |
|--|---|--|
| Produits alimentaires                              | 0.01<br>(0.2)                                     | -0.02<br>(-0.9)                                |
| Textiles   | 0.50<br>(11.7)                                    | 0.54<br>(8.8)                                  |
| Papier   | 0.09<br>(3.8)                                     | 0.04<br>(1.5)                                  |
| Produits chimiques et caoutchouc                   | 0.26<br>(8.0)                                     | 0.25<br>(7.5)                                  |
| Machines, instruments et équipements               | 0.30<br>(15.1)                                    | 0.25<br>(15.3)                                 |
| Métallurgie de base                                | 0.01<br>(1.2)                                     | 0.004<br>(0.4)                                 |
| Pierre, argile et verre                            | 0.03<br>(1.3)                                     | -0.02<br>(-1.0)                                |
| Autres industries manufacturières                  | -0.11<br>(-4.1)                                   | -0.14<br>(-5.8)                                |
| industries extractives                             | -0.05<br>(-2.3)                                   | —  |
| Construction                                       | -0.07<br>(-3.9)                                   | —  |
| Transports   | 0.02<br>(0.8)                                     | —  |
| Commerce de gros et de détail                      | 0.17<br>(8.0)                                     | —  |
| Institutions financières                           | 0.16<br>(2.8)                                     | —  |
| Immobilier   | -0.16<br>(-1.4)                                   | —  |
| Services sociaux et privés                         | -0.16<br>(-5.8)                                   | —  |
| Services assurés par des administrations publiques | 0.04<br>(1.6)                                     | —  |
| R <sup>2</sup> corrigé                             | 0.50  | 0.64   |
| Ecart type   | 12.9  | 10.7   |

a) Dans chacune des deux régressions, la variable dépendante est le niveau de la PTF (indice 100 = 1970); les variables dépendantes sont les suivantes : variables muettes spécifiques à chaque pays et branche, temps (variable commune), taux d'utilisation des capacités par pays et stock de R-D de chaque branche décalé sur trois ans (indice 100 = 1970), l'inclusion de variables muettes « pays » ou « branche » interagissant avec la variable temps, ou le calcul de régressions distinctes pour chaque branche, n'ont pas d'influence qualitative sur les résultats. Le « t » statistique est indiqué entre parenthèses.

b) Les régressions, faisant appel à la méthode des moindres carrés ordinaires, sont effectuées à l'aide de données annuelles couvrant les périodes suivantes: 1969-83 pour les Etats-Unis, l'Allemagne et le Royaume-Uni; 1970-84 pour le Japon et l'Italie; et 1972-83 pour la France. Pour le Canada, seules des données se rapportant au secteur manufacturier et à la période 1970-83 ont été utilisées. Une liste détaillée des branches retenues suivant les pays peut être obtenue auprès des auteurs.

non manufacturier ne semble guère expliquer l'évolution de la PTF dans ce secteur. Si l'on estime des équations distinctes pour les industries manufacturières et pour le secteur manufacturier, 75 pour cent environ de la variance de la PTF des industries manufacturières s'explique d'un point de vue statistique, contre 20 pour cent environ dans le cas du secteur non manufacturier. Il convient toutefois de noter que les coefficients se rapportant à des branches comme le commerce de gros et de détail, et les institutions financières, qui semblent bénéficier de l'introduction de l'automatisation, sont positifs et significatifs.

En utilisant un certain nombre d'autres spécifications, on a observé que le stock de R-D de la branche utilisatrice influait davantage sur l'évolution de la PTF que le stock de la branche d'origine. La même observation a pu être faite sur des équations limitées à chaque branche d'activité, et prenant donc en compte les profils temporels propres à chaque branche. Le pouvoir explicatif plus important des variables se rapportant à la branche utilisatrice est d'autant plus frappant que, comme on l'a vu plus haut, de nombreuses innovations sont utilisées dans la branche d'origine, de sorte que les deux indicateurs de la R-D suivent des mouvements à peu près analogues<sup>15</sup>.

Un autre point intéressant est de savoir si la relation entre la PTF et la R-D est essentiellement spécifique de la branche d'activité considérée ou du pays considéré. En d'autres termes, on a cherché à savoir si les effets de la R-D sur la productivité se rattachaient plus à l'ensemble des branches d'activité d'un pays qu'à la même branche d'activité de pays différents. Les chiffres obtenus ne laissent aucun doute : le pouvoir explicatif du stock de R-D est réduit de plus d'un tiers si les variables représentatives de la R-D par branche d'activité sont remplacées par des variables représentant la R-D par pays. Cette constatation concorde avec la relation observée plus haut dans le cas des brevets et confirme aussi l'idée que les possibilités d'innovation sont étroitement liées à la branche d'activité considérée.

Enfin, il est intéressant de rappeler que l'industrie chimique et la construction mécanique sont à l'origine de la plus grande partie de la R-D industrielle dans les sept grands pays de l'OCDE et se caractérisent par une très forte intensité de R-D, aussi bien comme branches utilisatrices que comme branches d'origine. Le caractère très significatif des coefficients estimés dans les régressions concernant l'industrie chimique et la construction mécanique peut donc être considéré comme l'indication que les ressources de R-D se sont progressivement déplacées vers les branches d'activité dans lesquelles elles sont très productives. (Ainsi qu'on l'a noté plus haut, l'industrie textile fait exception à cette tendance générale, dans la mesure où elle se caractérise par une intensité de R-D relativement faible, mais par une productivité apparemment élevée de la R-D.)

Pour voir si le potentiel de la R-D avait effectivement changé, on a effectué d'autres régressions dans lesquelles l'influence de la R-D pouvait se modifier après 1973. Des résultats plus probants auraient pu être obtenus si l'on avait procédé à

**Tableau 12. Productivité de la R-D : comparaisons entre sous-périodes**  
**Coefficients de R-D**

|   | Régression 1          |                              |                              | Régression 2     |                              |                              |
|---|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|
|   | 1970.73<br>(1)        | 1973.79<br>variation*<br>(2) | 1980.83<br>variation*<br>(3) | 1970-73<br>(1)   | 1974-79<br>variation'<br>(2) | 1980.83<br>variation'<br>(3) |
| Produits alimentaires                                 | 0.185<br>(0.9)        | -0.122<br><b>(-0.5)</b>      | -0.308<br>(-1.4)             | 0.027<br>(0.1)   | -0.030<br>(-0.1)             | -0.094<br>(-0.4)             |
| Textiles  | 0.259<br>(0.8)        | 0.129<br>(0.4)               | 0.163<br>(0.5)               | 0.060<br>(0.2)   | 0.233<br>(0.6)               | 0.441<br>(1.3)               |
| Papier  | 0.431<br>(2.1)        | -0.337<br>(-1.6)             | -0.384<br>(-1.9)             | 0.245<br>(1.1)   | 0.220<br>(-1.0)              | -0.148<br>(-0.7)             |
| Produits chimiques et caoutchouc                      | 0.566<br>(2.3)        | -0.204<br>(-0.8)             | -0.443<br>(-1.8)             | 0.209<br>(0.8)   | 0.014<br>(0.1)               | -0.017<br>(-0.1)             |
| Machines, instruments<br>et équipements               | 0.231<br>(1.2)        | -0.023<br>(-0.1)             | 0.055<br>(0.3)               | 0.070<br>(0.3)   | 0.086<br>(0.4)               | 0.263<br>(1.3)               |
| Métallurgie de base                                   | 0.176<br>(1.3)        | -0.149<br>(-1.1)             | -0.172<br>(-1.3)             | 0.113<br>(0.8)   | -0.099<br>(-0.7)             | -0.086<br>(-0.6)             |
| Pierre, argile et verre                               | 0.718<br>13.7         | -0.650<br>(-3.31)            | -0.764<br>(-3.9)             | 0.589<br>(2.8)   | 0.580<br>(-2.7)              | -0.592<br>(-2.9)             |
| Autres industries manufacturières                     | -0.505<br>(-2.21)     | 0.325<br>(1.4)               | 0.342<br>(1.5)               | -0.817<br>(-3.4) | 0.543<br>(2.2)               | 0.705<br>(2.9)               |
| Industries extractives                                | 0.299<br>(1.5)        | -0.258<br>(-1.2)             | -0.522<br>(-2.5)             | -0.013<br>(-0.1) | -0.047<br>(-0.2)             | -0.168<br>(-0.8)             |
| Construction  | 0.017<br>(0.1)        | -0.026<br>(-0.1)             | -0.127<br>(-0.7)             | 0.013<br>(0.1)   | -0.071<br><b>(-0.2)</b>      | -0.113<br>(-0.6)             |
| Transports  | 0.084<br>(0.5)        | -0.064<br>(-0.4)             | -0.160<br>(-0.9)             | -0.097<br>(-0.5) | -0.024<br>(-0.31)            | -0.070<br>(-0.4)             |
| Commerce de gros et de détail                         | 0.370<br>(2.1)        | -0.137<br>(-0.8)             | -0.206<br>(-1.2)             | 0.389<br>(2.0)   | -0.181<br>(-0.9)             | -0.159<br><b>(-0.8)</b>      |
| Institutions financières                              | 0.239<br><b>(0.5)</b> | 0.142<br>(0.3)               | 0.087<br>(0.2)               | 0.633<br>(1.3)   | -0.192<br>(-0.4)             | -0.247<br><b>(-0.5)</b>      |
| Immobilier  | -0.474<br>(-0.3)      | 0.196<br>(0.1)               | 0.009<br><b>(0,0)</b>        | -1.212<br>(-0.7) | 0.522<br>(0.3)               | 0.823<br>(0.4)               |
| Services sociaux et privés                            | -0.026<br>(-0.1)      | -0.199<br><b>(-0.8)</b>      | -0.282<br>(-1.2)             | -0.313<br>(-1.2) | -0.010<br><b>(-0.0)</b>      | -0.082<br>(-0.3)             |
| Services assurés par des<br>administrations publiques | 0.020<br>(0.1)        | 0.067<br>(0.3)               | -0.028<br>(-0.1)             | 0.049<br>(0.2)   | -0.094<br>(-0.4)             | -0.108<br><b>(-0.5)</b>      |
| R <sup>2</sup> corrigé                                | 0.56                  |                              |                              | 0.56             |                              |                              |
| Ecart type  | 12.1                  |                              |                              | 12.1             |                              |                              |

**Notes:**

Variable dépendante: PTF (indice 100 = 1970).

Variables indépendantes:

Régression 1 : Comme pour le tableau 11, mais suppression de la variable temps commune. Toutes les variables interagissent avec des variables muettes pour les périodes postérieures à 1973 et 1979.

Régression 2 : Identique à la régression 1, mais avec inclusion d'une variable temps, d'une variable temps interagissant avec des variables muettes pour les périodes postérieures à 1973 et 1979, et de variables temps différentes pour chaque pays.

\* Dans les deux cas, il s'agit de la variation par rapport à 1970.73.

une comparaison avec des données des années 60, durant lesquelles d'après les indicateurs le potentiel productif de la R-D aurait atteint un point culminant. Néanmoins, les résultats obtenus incitent à penser que le potentiel productif de la R-D s'est légèrement modifié vers le milieu des années 70 (tableau 12, partie gauche). Les variations estimées des coefficients relatifs à la R-D sont dans nombre de cas significativement différentes de zéro. Dans onze des seize branches d'activité considérées, la R-D semble être devenue moins productive entre 1974 et 1979 qu'entre 1970 et 1973, cette tendance se maintenant après 1980 dans onze d'entre elles. Les variations implicites sont elles aussi importantes : dans sept branches d'activité sur onze, la R-D semble avoir été moitié moins productive entre 1974 et 1979 qu'entre 1970 et 1973.

Il convient aussi de noter que ces résultats concordent avec ceux qui sont signalés par Baily et Chakrabarti (1985) à propos des deux branches qu'ils ont examinées en détail. Le potentiel productif de la R-D marque un recul très sensible dans l'industrie chimique, ce qui correspond à l'appréciation des spécialistes de ce secteur. En revanche, ces résultats, aussi bien que les avis autorisés cités par Baily et Chakrabarti, donnent à penser que l'activité d'innovation ne s'est pas beaucoup ralentie dans les industries textiles.

Etant donné que les variables représentatives de la R-D et de la PTF sont les seules qui aient un profil temporel nettement marqué, il est possible que la diminution du coefficient de la variable R-D ne reflète qu'illégitimement le ralentissement général de la croissance de la PTF. Pour tester cette hypothèse, on a fait intervenir des variables muettes représentatives des tendances temporelles et des pays avec les variables représentatives de la variation (tableau 12, partie droite). Comme on pouvait s'y attendre, du fait de l'introduction d'autres variables de tendance temporelle et de l'augmentation de la multicolinéarité qui en résulte, les degrés de signification globaux des variables relatives à la R-D diminuent, mais les facteurs de variation restent assez semblables. Au cours des deux périodes considérées, la productivité de la R-D diminue dans plus de dix branches d'activité, cette diminution étant relativement importante dans la plupart des cas. Ces résultats confirment l'hypothèse d'une diminution du potentiel productif de la R-D.

## VI. LE MARCHÉ DES VALEURS MOBILIÈRES EN TANT QU'INDICATEUR DE L'ÉVOLUTION FUTURE DE LA PRODUCTIVITÉ TOTALE DES FACTEURS

Rares sont les indicateurs qui permettent de prévoir l'évolution de la technologie et de la PTF, mais les statistiques relatives au marché des valeurs mobilières peuvent donner une idée de la manière dont les opérateurs envisagent l'évolution future de la productivité. Dans la mesure où de nouvelles technologies se

traduisent par une augmentation des bénéfices des entreprises novatrices, les analystes sont incités à identifier ces entreprises, et à incorporer dans le cours actuel de leurs actions les bénéfices qu'elles sont censées dégager à l'avenir, même si leur chiffre d'affaires et leurs bénéfices actuels sont faibles. Par conséquent, le rapport cours-bénéfices des entreprises de haute technologie peut donner une idée de la quantité de nouvelles technologies que les opérateurs prévoient qu'elles produiront à l'avenir. La classification des industries de haute technologie est empruntée, moyennant quelques modifications, au National Science Board (1985).

Pour éliminer autant que possible les effets des évolutions macro-économiques et d'autres facteurs qui influent sur l'ensemble du marché des valeurs mobilières, il convient de comparer les rapports cours-bénéfices des secteurs de haute technologie avec la moyenne de ces rapports pour l'ensemble des secteurs. L'évolution des rapports cours-bénéfices des entreprises de haute technologie par rapport à cette moyenne peut donner une idée de la quantité de technologie qui va être introduite. C'est d'ailleurs ainsi que l'on peut déterminer si une entreprise est plus axée sur la recherche que les autres. Une entreprise dont le rapport cours-bénéfice est proche de la moyenne peut être considérée comme ayant atteint la « maturité », ayant des produits qui correspondent à leur potentiel et ayant un rendement égal au rendement moyen du capital. Une comparaison des rapports cours-bénéfices des entreprises de haute technologie en tant que groupe avec le rapport moyen observé sur le marché doit permettre d'éliminer en grande partie les particularités de chaque entreprise<sup>6</sup>. Cela demeure vrai, même si les entreprises ne bénéficient que d'une part réduite du rendement de leur R-D, la concurrence et la libre diffusion de certaines innovations permettant à d'autres entreprises de se ((laisser porter)), étant donné qu'il n'y a aucune raison de penser que l'importance de cette pratique évolue avec le temps.

Le tableau 13 présente les rapports cours-bénéfices de toutes les entreprises des secteurs de haute technologie et de l'ensemble des entreprises de haute technologie à l'exclusion de celles qui sont cotées à la bourse de New York. Ces dernières n'ont pas été retenues dans la deuxième série de calculs car il s'agit d'entreprises beaucoup plus ((établies)), qui non seulement créent de nouvelles technologies mais ont aussi des lignes de produits bien déterminées. Par conséquent, elles sont en général plus importantes aussi bien par leurs bénéfices que par leurs actifs, et risquent donc d'avoir une influence prédominante sur l'indice, empêchant toute distinction entre le potentiel d'innovation technologique et le succès de ces grandes entreprises à vendre leur ligne de produits courante.

Les résultats obtenus permettent d'envisager avec un certain optimisme l'évolution future de la PTF. Si l'on compare les rapports cours-bénéfices de toutes les entreprises de haute technologie à l'indice de l'ensemble du marché, on ne constate pratiquement pas d'écart significatif au cours des dernières années. Les rapports cours-bénéfices représentent de 1.1 à 1.5 fois l'indice de l'ensemble du

**Tableau 13. Comparaison entre Des rapports cours-bénéfices des entreprises de haute technologie et les cours moyens<sup>a,b</sup>**

|      | Ensemble des entreprises (1) | Entreprises de haute technologie-1 (2) | Rapport (2)/(1) (3) | Entreprises de haute technologie2 (4) | Rapport (4)/(1) (5) |
|------|------------------------------|--|---------------------|---------------------------------------|---------------------|
| 1970 | 18.2                         | 40.6                                   | 2.2                 | 24.5                                  | 1.3                 |
| 1971 | 18.6                         | 39.5                                   | 2.1                 | 27.8                                  | 1.5                 |
| 1972 | 18.9                         | 28.1                                   | 1.5                 | 28.9                                  | 1.5                 |
| 1973 | 11.7                         | 15.0                                   | 1.3                 | 17.1                                  | 1.5                 |
| 1974 | 7.4                          | 9.6                                    | 1.3                 | 11.0                                  | 1.5                 |
| 1975 | 11.0                         | 14.8                                   | 1.3                 | 14.6                                  | 1.3                 |
| 1976 | 10.6                         | 13.0                                   | 1.2                 | 13.4                                  | 1.3                 |
| 1977 | 8.8                          | 12.9                                   | 1.5                 | 11.1                                  | 1.3                 |
| 1978 | 8.1                          | 12.0                                   | 1.5                 | 10.6                                  | 1.3                 |
| 1979 | 7.5                          | 15.2                                   | 2.0                 | 9.8                                   | 1.3                 |
| 1980 | 9.7                          | 24.7                                   | 2.5                 | 12.3                                  | 1.3                 |
| 1981 | 8.6                          | 22.5                                   | 2.6                 | 11.0                                  | 1.3                 |
| 1982 | 12.3                         | 36.4                                   | 3.0                 | 15.0                                  | 1.2                 |
| 1983 | 13.5                         | 47.3                                   | 3.5                 | 16.8                                  | 1.2                 |
| 1984 | 10.7                         | 37.2                                   | 3.5                 | 13.3                                  | 1.2                 |
| 1985 | 15.9                         | 176.6                                  | 11.1                | 22.3                                  | 1.4                 |
| 1986 | 20.5                         | 152.5 <sup>c</sup>                     | 7.4                 | 22.2                                  | 1.1                 |

**Note :** Entreprises de haute technologie-1 : entreprises non cotées à la bourse de New York.

Entreprises de haute technologie2 : ensemble des entreprises relevant des rubriques correspondantes de la SIC.

a) Les industries dites de haute technologie sont celles qui relèvent des rubriques suivantes de la SIC : 281 (produits chimiques inorganiques industriels), 282 (matières plastiques et résines synthétiques), 283 (produits pharmaceutiques), 2870 (produits chimiques destinés à l'agriculture), 351 (moteurs et turbines), 357 (calculatrices et machines comptables), 3651 (récepteurs de radio et de télévision), 366 (matériel téléphonique et télégraphique, émetteurs de radio et de télévision), 3674 (semi-conducteurs et dispositifs apparentés), 3681 (mini et micro-ordinateurs), 369 (appareils électromédicaux de radiographie et autres machines électriques), 372 (aéronefs et pièces), 3811 (équipement technique, matériel de laboratoire et de recherche), 3841 (instruments de chirurgie et de médecine), 489 (services de communications n.c.a.), 7391 (laboratoires de recherche-développement). Cette classification s'inspire de celle du NSB (1985).

b) L'échantillon comprenait toutes les entreprises figurant dans les statistiques annuelles de COMPUSTAT pour lesquelles on a pu calculer le rapport cours-bénéfices. Des résultats analogues ont été obtenus en limitant l'analyse à un échantillon constant d'entreprises.

c) Ces valeurs semblent trop élevées et s'expliquent par les fortes pertes accusées par certaines industries. Cependant, même en maintenant les profits à leur niveau de 1984, on obtient des rapports cours-bénéfices de 40 à 50, ce qui est encore nettement supérieur aux valeurs du milieu des années 70.

Source: COMPUSTAT.

marché et ont peut-être légèrement baissé ces dernières années (tableau 13, colonne 5). Dans la mesure où ces entreprises vendent des produits qui incorporent de nouvelles technologies, on est conduit à penser que le rythme de leur diffusion ne s'est pas accéléré ou que la concurrence pèse sur les marges bénéficiaires.

Les rapports cours-bénéfices des entreprises de haute technologie non cotées à la bourse de New York, en revanche, ont sensiblement augmenté au cours de la période récente, après avoir diminué au début et au milieu des années 70 par rapport à la moyenne du marché, cette diminution témoignant sans doute d'une baisse du potentiel productif de la R-D. A l'heure actuelle, ils sont de sept à dix fois plus élevés

que la moyenne, alors qu'ils ne représentaient que de 1.2 à 1.5 fois celle-ci au milieu des années 70 et un peu moins de 2 fois au début des années 70<sup>17</sup>. On est donc fortement incité à penser que le marché anticipe actuellement une augmentation plus marquée de la production et des bénéfices que dans le passé. La valeur des actions en circulation de ces entreprises a augmenté en proportion de l'ensemble du marché, représentant 3.2 pour cent de celui-ci en 1986, contre 1.0 pour cent en 1978. De plus, il y a beaucoup d'entreprises de haute technologie qui ne sont pas introduites en bourse (National Science Board, 1985), si bien que ces données sous-estiment sans doute l'importance croissante des entreprises de haute technologie. Cette croissance concorde avec l'hypothèse d'une corrélation entre les ressources consacrées à la recherche et le potentiel productif de la recherche.

L'une des réserves que l'on pourrait faire sur cette analyse est que le rapport cours-bénéfices d'autres entreprises que les entreprises de haute technologie non cotées à la bourse de New York a lui aussi sensiblement progressé par rapport à la moyenne. Il est donc possible que le même facteur ait fait augmenter les rapports cours-bénéfices de toutes les entreprises non cotées à la bourse de New York. Cependant, dans la mesure où l'on peut considérer que les anticipations des analystes boursiers sont rationnelles, on ne voit pas pourquoi les perspectives des entreprises de haute technologie devraient paraître aussi favorables si l'on ne s'attendait pas à ce qu'elles donnent naissance à de nouvelles technologies, puisque c'est là leur unique « produit ».

#### LES PERSPECTIVES DE CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ TOTALE DES FACTEURS

Cette étude et l'analyse macro-économique réalisée par Englander et Mittelstadt (1988) permettent d'envisager la croissance future de la PTF avec plus d'optimisme qu'on n'aurait pu le faire dans les années 70 et au début des années 80. En ce qui concerne les conditions macro-économiques, la forte montée des tensions inflationnistes et les politiques très restrictives qui ont caractérisé cette période semblent appartenir au passé. A condition qu'une croissance régulière et non inflationniste puisse être assurée, les ajustements structurels et les réformes fiscales entrepris dans de nombreux pays pourraient aboutir à une croissance plus rapide du capital ainsi qu'à une utilisation plus efficace des équipements anciens et nouveaux. Aucune des deux études ne permet de conclure que les prix de l'énergie ou l'évolution démographique ont contribué directement et de façon notable au ralentissement de la PTF, mais il est néanmoins rassurant de savoir qu'ils ne semblent guère susceptibles de peser sur la croissance de la PTF dans un proche avenir. Par ailleurs, on a vu, dans cette étude, que l'accélération des dépenses de

**R-D** au début des années 80 et l'évaluation boursière des entreprises de haute technologie tendaient à confirmer que le rythme de création et de commercialisation des technologies pourrait connaître un certain redressement au cours des prochaines années. Naturellement, il s'agit là d'une interprétation sujette à caution, mais elle représente un revirement par rapport aux conditions qui régnaient il y a une dizaine d'années. Dans la mesure où cet optimisme se révélera fondé, les années à venir pourraient se caractériser à la fois par une accélération de la croissance du revenu par habitant et par des pressions à la baisse sur les taux d'inflation ; et en conséquence, par des possibilités plus grandes d'assouplissement de la politique macro-économique et de réduction du chômage.

Si, globalement, les perspectives apparaissent favorables, certains facteurs incitent néanmoins à la prudence. La persistance de déséquilibres commerciaux et de diverses barrières tarifaires et non tarifaires fait courir le risque à l'avenir d'un protectionnisme accru et d'un ralentissement de la croissance. Dans la mesure où ces facteurs tendent à réduire la croissance et, ce qui est sans doute aussi important, à freiner la diffusion et les échanges de nouvelles technologies, la croissance de la PTF pourrait rester quasiment stationnaire, comme ces dernières années. Néanmoins, en l'absence de telles évolutions, les perspectives d'évolution de la PTF demeurent globalement favorables.



## NOTES

1. Pour une définition précise de la R-D, voir le « Manuel de Frascati » (OCDE, 1981), dans lequel on trouvera une définition standardisée de la R-D sur le plan international. Voir Kendrick et Vaccara (1980) pour des études et des références supplémentaires ayant trait au rendement de la R-D.
2. Griliches (1987) se démarque de cette tendance. En général, on peut analyser le rendement de la R-D de façon transversale à différentes périodes. Toutefois, la transposition des résultats d'une analyse transversale en série chronologique présente certains risques.
3. Les pays considérés sont les Etats-Unis, le Japon, l'Allemagne, la France, l'Italie, le Royaume-Uni et le Canada. Les branches d'activité sont énumérées au tableau 10.
4. Scherer (1982), Bernstein (1987), Jaffe (1986) et Terleckyj (1980), entre autres, ont tenté d'analyser le rôle de la technologie selon la branche utilisatrice et la branche d'origine.
5. Voir, par exemple, Schumpeter (1934).
6. Voir Evenson et Kislev (1975) pour une application de ce modèle à des programmes d'amélioration génétique des cultures.
7. Voir Evenson et Kislev (*op. cit.*).
8. Une question importante, à cet égard, est comment se situe dans le temps les dépenses de R-D par rapport aux inventions : quelle est la part de la R-D qui précède une invention et celle qui a lieu après que l'invention ait été faite et brevetée ? Après avoir examiné cette question en utilisant des données sur les entreprises des Etats-Unis, Hall, Griliches et Hausmann (1986) parviennent à la conclusion qu'en termes de données annuelles, les deux phénomènes sont le plus souvent contemporains.
9. Cette tendance de plus en plus marquée à déposer des brevets à l'étranger va à l'encontre de l'idée selon laquelle la propension à déposer des brevets aurait beaucoup diminué parce que ceux-ci offrent si peu de protection que personne ne se donne la peine de breveter de nouvelles inventions.
10. Scherer (1983), Soete (1979) et Pavitt (1982) estiment que les changements qui interviennent dans les structures industrielles peuvent aussi modifier la propension des industries à déposer des brevets. Dans la mesure où ces deux évolutions se produisent simultanément dans tous les pays, il est sans doute impossible d'isoler les effets dus au potentiel productif de la R-D des effets dus aux structures du marché en examinant simplement les demandes de brevets. Pour établir une distinction entre ces deux hypothèses, il faut se référer à l'évolution effective de la productivité, étant donné qu'on ne peut pas savoir à l'avance de quelle manière la structure du marché influe sur la croissance de la productivité.
11. Pour l'instant, cette concordance est limitée par le fait qu'on ne retient qu'une seule branche d'activité bénéficiaire des nouvelles technologies, mais on commence à disposer de données

concernant les industries utilisatrices de second et de troisième rang. Il a aussi été proposé d'utiliser des tableaux d'entrées-sorties standards pour examiner le cheminement des flux de technologie.

12. L'affectation des inventions qui sous-tend le tableau 8 a été effectuée par transposition des ((groupes» de la Classification internationale des brevets en sous-groupe (4 chiffres) de la Standard Industrial Classification (SIC), les données étant ensuite agrégées au niveau des branches d'activité figurant dans le tableau 8. Cette agrégation implique que les coefficients de pondération canadiens soient appliqués aux autres pays, problème qui pourrait être évité en calculant la concordance des brevets français, par exemple, à un niveau détaillé et en agrégeant ensuite les données au niveau des branches d'activité à l'aide de coefficients de pondération propres à la France. Il n'est pas possible pour l'instant de procéder de cette manière car on ne peut pas se procurer facilement un ensemble complet de données sur les brevets français classés suivant les groupes de la Classification internationale des brevets.
13. Implicite, cela revient à pondérer les flux de brevets par la propension de chaque branche d'activité à déposer des brevets et permet ainsi de calculer les flux de technologie en unités monétaires.
14. La spécification des équations estimées est très simple. Pour pouvoir procéder à des comparaisons entre différentes branches d'activité et éliminer l'hétéroscédasticité, tous les indicateurs du stock de R-D et de la PTF sont indexés base 100 = 1970. Une régression sur les niveaux plutôt que sur les taux de croissance permet de faire ressortir plus nettement la variation dans une analyse transversale, alors qu'une spécification fondée sur les taux de croissance produirait des estimations reflétant essentiellement des relations à court terme. Les données relatives à la PTF des diverses branches sont empruntées à Meyerzu-Schlochtern (1988) et sont également analysées dans Englander et Mittelstadt (1988).
15. Si l'on incorpore les deux indicateurs du stock de R-D à la même régression pour les industries manufacturières, le  $R^2$  ajusté augmente très légèrement. Toutefois, les coefficients deviennent alors très difficiles à interpréter ; c'est pourquoi les régressions suivantes utilisent uniquement le stock de R-D par branche utilisatrice.
16. Dans une étude qui n'établit pas de distinction particulière entre les entreprises de haute technologie et les autres entreprises, Pakes (1984) a observé que la relation entre les cours des valeurs mobilières, d'une part, et la R-D et les brevets, de l'autre, était très instable et variable dans un échantillon limité à 129 entreprises.
17. Pour ce qui est de la chronologie de ces évolutions, on observe que les rapports cours-bénéfice des industries de haute technologie ont diminué avec une année d'avance par rapport à ceux de l'ensemble du marché au début des années 70, et qu'ils ont augmenté avec deux ou trois ans d'avance à la fin des années 70. On notera également qu'en 1986, le rapport cours-bénéfice de l'ensemble des valeurs mobilières se situait à peu près au même niveau qu'en 1970-72, alors que celui des entreprises de haute technologie était nettement plus élevé. Cette constatation va à l'encontre de l'idée selon laquelle l'augmentation de l'écart entre les rapports cours-bénéfice viendrait uniquement des entreprises de haute technologie.

## Annexe A

### LA CONCORDANCE YALE-CANADA

Si l'on veut procéder à une analyse ou à une étude empirique des relations entre les inventions ou d'autres indicateurs du produit de la recherche et les ressources consacrées à la recherche, c'est-à-dire les dépenses de R-D ou les effectifs de chercheurs, il est important d'établir un lien entre les inventions, dans un secteur donné, et la branche d'origine de la R-D. La branche d'origine est constituée par le secteur, l'entreprise ou le groupe d'entreprises qui mène effectivement les activités de R-D. De plus, pour analyser la PTF de chaque branche considérée, il faut établir une relation différente entre la branche qui mène les activités de R-D et produit les inventions. La R-D effectuée par une branche peut aboutir à certaines inventions qui sont ((utilisées» dans la même branche. Il s'agit en général, mais pas toujours, d'inventions de procédés. Toutefois, nombre d'inventions sont utilisées dans d'autres branches. Il s'agit en général d'inventions de produits qui sont le plus souvent utilisés dans des branches situées en « amont » dans la chaîne de production.

On examinera dans cette note les problèmes d'attribution ou de répartition des inventions brevetées suivant la branche d'origine (afin d'obtenir une concordance avec les données relatives à la R-D) et la branche utilisatrice (afin d'obtenir une concordance avec les données relatives à la PTF). Une matrice des flux de technologie entre les branches d'origine et les branches utilisatrices, fondée sur des données provenant du Bureau des brevets du Canada (la concordance Yale-Canada) y sera également présentée et examinée.

Il y a déjà plusieurs années que l'on rassemble des données sur la R-D et sur les ressources en personnels scientifique et technique par secteur industriel. On ne dispose pas de données analogues pour les inventions brevetées. Néanmoins, les brevets sont classés suivant leurs caractéristiques techniques et, dans une certaine mesure, industrielles. La plupart des offices nationaux des brevets ont une classification qui leur est propre, mais le système de la Classification internationale des brevets est largement utilisé depuis plus de vingt ans. L'application de ce système a permis une certaine normalisation des brevets.

A l'heure actuelle, seules deux ((concordances» très approximatives ont été faites entre les catégories d'industries et les catégories de brevets. La première d'entre elles est la concordance établie par l'U.S. Patent Office entre les catégories de brevets et d'industries aux Etats-Unis, et la seconde est la concordance de l'Office européen des brevets. Ni l'une ni l'autre ne sont parfaites.

La première tentative visant à établir une concordance, dans le cas qui nous intéresse, entre la classification des brevets des Etats-Unis (U.S. patent classification – USPC) et la classification type des industries des Etats-Unis (U.S. Standard industrial classification – SIC), a été faite par le Bureau des brevets et des marques commerciales des Etats-Unis (U.S. Patent and Trademark Office – PTO). La méthode utilisée a consisté à examiner la description des différentes

sous-catégories de brevets et, à partir de celles-ci, à assigner tous les brevets relevant d'une sous-catégorie à une branche d'activité. Si les brevets relevaient de plusieurs branches d'activité, la totalité de la sous-catégorie était assignée à chaque branche d'activité concernée. Naturellement, cela a entraîné un comptage multiple de certains brevets, si bien que leur nombre total était faussé dans bien des cas. Ultérieurement, le PTO a adopté une approche différente, visant à ((segmenter) les sous-catégories assignées à plusieurs branches d'activité suivant le nombre de branches d'activité auxquelles elles étaient assignées. Par exemple, si une sous-catégorie était assignée à cinq branches d'activité, un cinquième du nombre total des brevets relevant de cette sous-catégorie était assigné à chaque branche d'activité. On a ainsi éliminé le comptage multiple des brevets, mais un certain nombre de graves distorsions affectaient encore le système.

Cette approche présente d'autres inconvénients d'ordre pratique et d'ordre conceptuel. Premièrement, elle n'a pu être utilisée que pour les brevets des Etats-Unis. Par ailleurs, et cela est plus grave, elle n'établit aucune distinction entre la branche d'origine et la branche utilisatrice de l'invention. L'Office européen des brevets et d'autres offices ont adopté une approche similaire, fondée plus ou moins sur les catégories de la Classification internationale des brevets.

Une nouvelle concordance a récemment été mise au point sur la base de la répartition des brevets effectuée par l'Office canadien des brevets suivant leur branche d'origine et leur branche utilisatrice. La concordance Yale-Canada permet d'assigner à une branche donnée les brevets classés selon la Classification internationale des brevets. Cette classification est essentiellement ((fonctionnelle), c'est-à-dire qu'elle regroupe les inventions qui sont fondées sur des concepts ou des idées techniques analogues (par exemple, même type de pompe ou même type de structure chimique). Les statistiques économiques, en revanche, ont un caractère « sectoriel ». Etant donné que toute industrie utilise en général des inventions ayant beaucoup de fonctions différentes et que les inventions qui ont des fonctions analogues sont réparties entre de nombreuses branches, il n'est pas facile de passer d'un système de classification à l'autre. Il faut pour cela disposer d'un minimum de compétences dans les domaines techniques considérés.

Evenson et Putnam (1988) ont mis au point une concordance plus précise fondée sur des données canadiennes. La concordance établie à partir de la base de données canadiennes PATDAT comble un certain nombre des lacunes que présentaient les concordances précédentes. Depuis 1972, des examinateurs canadiens assignent un code ((branche d'origine) (OR) et un code « branche utilisatrice » (UT) aux brevets canadiens. Au départ, ils'agissait d'une expérience portant sur les brevets d'origine canadienne et sur les brevets accordés aux grandes entreprises. En 1978, ce système de classification a été étendu à tous les brevets canadiens. En 1978 également, le Canada a commencé à classer ses brevets suivant la nomenclature de la Classification internationale des brevets. Entre 1978 et 1984, environ 125 000 brevets se sont vus assigner des codes OR et UT correspondant à la Classification internationale des brevets. Il est donc possible d'obtenir deux concordances, l'une entre la Classification internationale des brevets et les branches d'origine et l'autre entre cette même classification et les branches utilisatrices, en utilisant la partie de chaque sous-catégorie de la Classification internationale des brevets assignée à chaque branche (d'origine ou utilisatrice, suivant le cas). Si l'on multiplie ces segments de sous-catégories par le nombre des brevets relevant de chaque sous-catégorie de la Classification internationale des brevets et si l'on en fait la somme pour l'ensemble des sous-catégories, on obtient une estimation du nombre total des brevets qui peuvent être associés à chaque branche. De plus, étant donné que cette concordance est fondée sur la nomenclature de la Classification internationale des brevets, on peut obtenir des estimations par branche pour tous les pays qui utilisent cette classification.

A titre d'exemple, considérons la matrice suivante :

|       | $C_1$    | $C_2$    | $C_3$    | ..... | $C_N$    |
|-------|----------|----------|----------|-------|----------|
| $I_1$ | $a_{11}$ | $a_{12}$ | $a_{13}$ | ..... | $a_{1N}$ |
| $I_2$ | $a_{21}$ | $a_{22}$ | $a_{23}$ | ..... | $a_{2N}$ |
| $I_3$ | $a_{31}$ | $a_{32}$ | $a_{33}$ | ..... | $a_{3N}$ |
| ..... | .....    | .....    | .....    | ..... | .....    |
| $I_M$ | $a_{M1}$ | $a_{M2}$ | $a_{M3}$ | ..... | $a_{MN}$ |

$a_{ij}$  représente le segment de la  $j$  ième sous-catégorie assignée à la  $i$  ième branche ( $I_i$ ), que l'on obtient en divisant le nombre des brevets de la sous-catégorie  $C_j$  assignée à la branche  $I_i$  par le nombre total des brevets de la sous-catégorie  $C_j$ . Par conséquent, les totaux des colonnes de cette matrice doivent être égaux à 1. Cette matrice peut ensuite être multipliée par un vecteur  $N \times 1$  du nombre de brevets par sous-catégorie de la Classification internationale des brevets, afin d'obtenir un vecteur  $M \times 1$  du nombre estimatif des brevets correspondant aux branches  $M$ . Deux tables de concordance de ce type ont été mises au point, l'une pour les branches d'origine et l'autre pour les branches utilisatrices.

La méthode utilisée ici introduit plusieurs types de variabilité. Premièrement, le terme  $a_{ij}$  peut ne pas être stable dans le temps. Deuxièmement, il peut ne pas être stable d'un pays à l'autre. Troisièmement, même si l'hypothèse conditionnelle concernant le nombre de brevets pour chaque paire ( $I, C$ ) (subordonnée au fait que le Canada est la source et qu'il s'agit d'une période donnée) était la même que l'hypothèse non conditionnelle, on est obligé de considérer la matrice comme le résultat d'un tirage au sort.

Evenson et Putnam (1988) examinent les moyens de mesurer statistiquement la Variabilité des estimations obtenues par cette méthode et d'obtenir une erreur type pour chaque estimation. De premiers tests ont également été effectués sur la fiabilité des concordances. Par exemple, le nombre de brevets correspondant à chaque année et à chaque branche au Canada a été calculé par application de la matrice à la totalité de l'échantillon et d'un vecteur du nombre de brevets suivant la nomenclature de la Classification internationale des brevets et suivant les années. Etant donné que l'on connaît la répartition effective des brevets, on peut comparer les chiffres totaux prévus et effectivement observés pour chacune des années considérées. Au niveau des catégories à deux chiffres de la SIC, la plupart des branches (27 sur 32 dans le cas des branches utilisatrices, 18 sur 26 dans le cas des branches d'origine) font apparaître un coefficient de variation (écart-type divisé par la moyenne) inférieur à 0.2.

## Annexe B

### CONSTRUCTION DES VARIABLES RELATIVES AU STOCK DE R-D

La valeur initiale estimée des stocks de R-D,  $RS_0$ , est déterminée par la relation

$$RS_0 = RF_0/g + d$$

dans laquelle  $RF_0$  représente les dépenses consacrées à la R-D au cours de la période initiale pour laquelle on dispose de statistiques,  $g$  représente le taux de croissance estimé de la R-D, et  $d$  représente le taux d'obsolescence des stocks de R-D, suivant Griliches (1980). Les flux de R-D sont cumulés au stock par application de la valeur supposée du stock initial et de la méthode classique de l'inventaire perpétuel. Le stock de R-D par branche utilisatrice a été calculé en introduisant les flux annuels réels de R-D par branche d'origine dans la table de concordance et en cumulant les flux en résultant par branche utilisatrice afin d'obtenir un stock. Pour pouvoir procéder à une régression, le stock de R-D de chaque branche dans chaque pays (France exceptée) a été ramené à l'indice 100 en 1970. (Dans le cas de la France, le stock de R-D a été ramené à l'indice 100 en 1972, faute de statistiques plus anciennes).

Le taux d'obsolescence de la R-D a été fixé à 5 pour cent, de manière à tenir compte de la diminution éventuelle de l'incidence des anciennes générations de R-D à mesure que les gammes de produits et les prix relatifs des facteurs de production se modifient. Ce taux de dépréciation collectif est plus élevé que celui qui est retenu comme hypothèse par Griliches (zéro) mais beaucoup plus faible que les estimations de taux individuels données dans les ouvrages qui abordent cette question. On a supposé qu'il se produisait un décalage de trois ans entre les variations du stock de R-D et leurs effets sur la PTF.

## BIBLIOGRAPHIE

- Baily, M.N. (1986), «What has happened to productivity growth?», *Science*, 236, p. 443.
- Baily, M.N. et A.K. Chakrabarti (1985), «Innovation and U.S. competitiveness», *The Brookings Review* (automne).
- Bernstein, J.I. (1987), «The structure of Canadian interindustry R&D spillovers and the rates of return to R&D», Department of Economics, Carleton University, document photocopié.
- Business Week (1987), ((Office automation: making it pay off», 12 octobre, p. 72.
- Englander, A.S. et A. Mittelstädt (1988). «La productivité totale des facteurs : aspects macro-économiques et structurels de son ralentissement», *Revue économique de l'OCDE*, n° 10 (printemps).
- Evenson, R. et Y. Kislev (1975), *Agricultural Research and Productivity*, Yale University Press.
- Evenson, R. (1984), «International invention: implications for technology market analysis» dans Z. Griliches (dir. publ.), *R&D Patents and Productivity*, University of Chicago Press.
- Evenson, R. et J. Putnam (1988). «The Yale-Canada patentflow concordance», Yale University, Economic Growth Center Working Paper (à paraître).
- Gordon, R.J. (1971), «Measurement biases in price indexes for capital goods», *Review of Income and Wealth*, Ser. 17, n° 2, pp. 121-174.
- Griliches, Z. (1971), (dir. publ.), *Price Indexes and Quality Change*, Harvard University Press.
- Griliches, Z. (1979), «Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth», *Bell Journal of Economics* 10, n° 1, pp. 92-116.
- Griliches, Z. (1980). «R&D and the productivity slowdown», *American Economic Review* (mai), pp. 343-348.
- Griliches, Z. (1984), (dir. publ.), *R&D, Patents and Productivity*, University of Chicago Press.
- Griliches, Z. (1987), «R&D and productivity: measurement issues and econometric results», *Science*, 237, p. 108.
- Griliches, Z. et F. Lichtenberg (1984), «Interindustry technology flows and productivity growth: a reexamination», *Review of Economics and Statistics* n° 2, p. 324.
- Griliches, Z., A. Pakes et B.H. Hall (1986), «The value of patents as indicators of inventive activity», *Harvard Institute of Economic Research Discussion Paper* n° 1285.
- Hall, R.H., Z. Griliches et J.A. Hausman (1986). «Patents and R&D: is there a lag?», *International Economic Review*, Vol. 27, n° 2 (juin).
- Jaffe, A. (1986). «Technological opportunities and the spillover of R&D», *American Economic Review* 76, pp. 984-1001.
- Kendrick, J.W. et E.J. Grossman (1980), *Productivity in the U.S.: Trends and Cycles*, Baltimore Johns Hopkins University Press.

- Kendrick, J.W. et B.N. Vaccara (1980), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, University of Chicago Press.
- Mansfield, E., J. Rappoport, A. Romeo, S. Wagner et G. Beardsley (1977), « Social and private rates of return from industrial innovations », *Quarterly Journal of Economics* (mai), n° 2.
- Mansfield, E. (1980), commentaire sur Griliches dans J.W. Kendrick et Vaccara (dir. publ.), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, University of Chicago Press.
- Mansfield, E. (1986), « Patents and innovation: an empirical study », *Management Science* (février).
- Meyer-zu-Schlochtern, F. (1988), « A sectoral databank for thirteen OECD countries including output, employment, capital stock and total factor productivity data », *Document de travail du Département des affaires économiques et statistiques de l'OCDE* (à paraître).
- National Science Board (1984), *Science Indicators: The 1984 Report*.
- National Science Board (1985), *Science Indicators: The 1985 Report*.
- OCDE (1981), *La mesure des activités scientifiques et techniques*, « Manuel de Frascati ».
- OCDE (1986), *Indicateurs de la science et de la technologie OCDE*, n° 2.
- OCDE (1987), « Mesure de la valeur ajoutée aux prix constants dans les activités de service ».
- Pakes, A. (1984), « Patents, R&D and the stock market rate of return: a summary of some empirical results » dans Z. Griliches (dir. publ.), *R&D, Patents and Productivity*, University of Chicago Press.
- Pakes, A. et Z. Griliches (1984), « Patents and R&D at the firm level: a first look » dans Z. Griliches (dir. publ.), *R&D, Patents and Productivity*, University of Chicago Press.
- Pavitt, K. (1982), « R&D, patenting and innovative activity: a statistical exploration », *Research Policy*, Vol. 11, pp. 33-51.
- Ravenscraft, D. (1983), « Structure-profit relationships at the line of business and industry level », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 65, pp. 22-31.
- Ravenscraft, D. et F.M. Scherer (1982), « The lag structure of returns to R&D », *Applied Economics*, Vol. 14, pp. 603-620.
- Schankerman, M. et A. Pakes (1985), « Estimates of the value of patent rights in European countries during the post-1950s period », *Economic Journal* (décembre).
- Scherer, F.M. (1982), « Interindustry technology flows and productivity growth », *Review of Economics and Statistics*, n° 64, pp. 627-637.
- Scherer, F.M. (1983), « The propensity to patent », *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 11, pp. 227-245.
- Scherer, F.M. (1984), « Using linked patent and R&D data to measure interindustry technology flows » dans Z. Griliches (dir. publ.), *R&D, Patents and Productivity*, University of Chicago Press.
- Schumpeter (1934), *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Soete, L. (1979), « Inventive activity and firm size: the evidence reconsidered », *European Economic Review*, Vol. 12, pp. 319-340.
- Soete, L. (1987), « The emerging information technology sector » dans C. Freeman, et L. Soete (dir. publ.) *Technical Change and Full Employment*, Basil Blackwell, Oxford.



Solow, R. (1957), « Technical change and the aggregate production function », *Review of Economics and Statistics* 39, p. 312.

Terleckyj, N.E. (1974), « Effects of R&D on the productivity growth of industries: an exploratory study », Washington: National Planning Association.

Terleckyj, N.E. (1980), « Direct and indirect effects of industrial research and development expenditures on the productivity growth of industry » dans J.W. Kendrick et B.N. Vaccara (dir. publ.), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, University of Chicago Press.