

Quand les économistes mesurent l'intangible

In: Revue d'économie industrielle. Vol. 53. 3e trimestre 1990. pp. 87-98.

Citer ce document / Cite this document :

Torre André. Quand les économistes mesurent l'intangible. In: Revue d'économie industrielle. Vol. 53. 3e trimestre 1990. pp. 87-98.

doi : 10.3406/rei.1990.1342

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rei_0154-3229_1990_num_53_1_1342

QUAND LES ÉCONOMISTES MESURENT L'INTANGIBLE (Note sur la transmission du savoir-faire technologique aux secteurs industriels)

L'une des caractéristiques fondamentales de la croissance économique contemporaine réside dans les investissements réalisés par les entreprises afin de développer de nouveaux produits ou procédés puis de les introduire sur le marché. Les dépenses internes de Recherche et Développement, de brevetage ou de préparation du produit ne constituent cependant pas l'unique origine des quasi-rentes technologiques perçues par les firmes. Ces dernières résultent également en partie du savoir-faire technologique provenant des autres entreprises ou industries et transmis par l'intermédiaire du marché ou de liaisons de nature industrielle et technique.

L'idée de diffusion des savoir-faire et des innovations, fondée sur l'hypothèse schumpétérienne qu'une invention couronnée de succès donne naissance à une génération d'imitateurs, s'est imposée très tôt aux économistes. Dès le début des années 60, la modélisation du processus de diffusion des innovations par Griliches (1960) et Mansfield (1961) a permis la caractérisation de la célèbre « courbe en S », suivie par l'application à des secteurs privilégiés tels que l'Agriculture (Griliches, 1964), voire à des champs particuliers de propagation technologique comme le maïs hybride. Elle a également consacré le succès des études de la diffusion inter-firmes des innovations au sein d'une industrie définie. Mais les mutations des années 80 ont conduit à un élargissement du support environnemental du processus de changement technique, qu'il est apparu important de resituer à l'intérieur de « systèmes nationaux d'innovation » ou de technologie (Cf. le chap. V de Dosi et alii/1988), caractérisés par des politiques propres mais surtout par des formes originales de compétitivités technologique et structurelle (selon l'expression de Chesnais/1990) souvent associées à des spécificités sectorielles. Dans ce cadre, qui est également celui de la concurrence entre nations et programmes de recherche, il devient nécessaire de reconsidérer le mouvement de transmission des savoir-faire et des innovations et de ne plus le limiter aux seuls échanges inter-entreprises : c'est la raison pour laquelle on a pu récemment constater un regain d'intérêt pour les phénomènes de diffusion, examinés maintenant sous l'angle interindustriel.

L'enjeu est d'importance quand on sait que les efforts de R&D sont localisés dans quelques secteurs des principales nations industrialisées, le mécanisme de propagation du progrès technique venant alors jouer un rôle tout à fait fondamental dans la compétitivité technologique nationale.

La question de la diffusion des savoir-faire technologiques a récemment suscité l'intérêt des théoriciens de l'Économie Industrielle, comme en témoigne l'article de Jacquemin et d'Aspremont (1988) sur ce thème et les discussions qu'il a provoquées sur la définition d'un modèle canonique (Enriques/1990). Les économistes appliqués, pour leur part, se sont trouvés confrontés à un problème bien différent, qui est celui de la mesure. De quelle manière quantifier la part du savoir-faire technologique qui se transmet d'une industrie à l'autre, ainsi que le gain retiré par l'industrie receveuse ? On constatera ci-dessous que trois voies différentes d'investigation ont été retenues, selon que les auteurs privilégient la diffusion via les échanges de biens intermédiaires (IIa), les ventes d'innovations et de brevets (IIb), ou les externalités positives de technologie (IIc). Il est néanmoins au préalable nécessaire de préciser les caractéristiques du savoir-faire technologique ainsi mesuré, ainsi que les conditions de la diffusion au sein des structures nationales de production (I).

I. – UNE DÉFINITION DES TRANSFERTS INTERSECTORIELS DE SAVOIR-FAIRE TECHNOLOGIQUE

C'est l'analyse des fondements du phénomène de transmission inter-sectorielle des savoir-faire technologiques qui doit conduire à déterminer les causes de la diffusion ainsi qu'à évaluer sa réalité concrète. Dans cette optique, la question de la non-appropriabilité de la technologie et de ses bénéfices par les initiateurs du processus reçoit une réponse qui s'appuie à la fois sur les caractéristiques de la technologie et les structures de marché à l'honneur dans les pays industrialisés.

Seul un monopoleur parfaitement discriminant, avec des positions de marché sûres, serait en mesure de s'approprier totalement les quasi-rentes résultant du changement technique et donc d'éviter une transmission du savoir-faire technologique aux autres entreprises et industries. La particularité d'une telle situation représente la première explication du caractère non appropriable de la technologie, la seconde étant constituée par ses propriétés de bien public. Hors de la position de monopole, il s'avère impossible pour une entreprise d'obtenir une appropriabilité parfaite sur une découverte scientifique, un savoir technologique ou une innovation, y compris quand ils sont protégés par le dépôt d'un brevet ou d'une licence. Ainsi que l'a montré Von Hippel (1982), même ce type de précaution se révèle généralement insuffisant pour capturer la totalité des bénéfices de l'opération, d'autant plus que la collaboration ouverte avec les utilisateurs compétents constitue une source importante de progrès technologique dont les gains doivent être nécessairement partagés (Von Hippel/1978 et Lundvall/1988).

Devant une telle situation, on voit alors apparaître une contradiction entre l'intérêt social et l'intérêt particulier, qui se définit selon la ligne de tension suivante : il y a conflit entre la nécessité de la diffusion, essentielle au processus de croissance économique, et la volonté d'appropriation des bénéfices de l'innovation. Le fait qu'il soit impossible de conserver totalement ces derniers peut conduire dans certains cas à un ralentissement du processus d'innovation, entravé par la

trop forte transférabilité. On constate le plus souvent la mise en place d'une série de mesures de protection, parmi lesquelles le brevet, considéré comme la moins efficace, le secret étant généralement tenu pour le plus performant, du moins en ce qui concerne les innovations de procédés. Le fait que les innovations de produits aient tendance à faire l'objet d'une publicité auprès des acheteurs introduit alors des disparités sectorielles fortes entre les procédures d'appropriation. Levin, Klevorick, Nelson et Winter (1987) ont ainsi montré que certaines industries, comme la Chimie par exemple, développaient des mécanismes importants de protection alors que les secteurs tournés vers la fabrication de nouveaux produits (Alimentation, Acier...) se distinguaient par l'absence quasi-complète de protection.

La capacité d'évaluation du niveau de protection ne résoud cependant pas la question de la mesure de la transmission, qui peut se révéler partiellement indépendante de ce dernier en raison du caractère intangible du savoir-faire technologique. Alors qu'il est relativement aisé de mesurer le volume des biens échangés sur un marché, ou même d'estimer le coût d'un service, il s'avère bien difficile de déterminer l'importance du flux de technologie ou d'innovations qui se diffuse au niveau intersectoriel, et davantage encore d'évaluer dans quelle mesure il s'est révélé profitable à l'industrie receveuse. Afin de procéder à ce type d'analyse il est nécessaire de déterminer les différents types de transmission inter-sectorielle des savoir-faire technologiques et tout particulièrement d'isoler les deux catégories suivantes :

- transmission par les relations marchandes ;
- transmission par les relations de production.

La transmission du savoir-faire technologique par l'intermédiaire des relations marchandes correspond à l'établissement de rapports d'échange entre des entreprises appartenant à deux industries différentes. Il peut s'agir de l'achat et de la vente de biens intermédiaires ou capitaux, mais également de brevets ou de licences. Dans le premier cas, on fera l'hypothèse que la technologie est incorporée dans les biens vendus par une firme ayant réalisé des progrès techniques et que ses acheteurs vont bénéficier en partie de l'effort ainsi réalisé. Une explication particulièrement intéressante de ce processus est fournie par Griliches et Lichtenberg (1984), qui cherchent à déterminer la raison pour laquelle la productivité d'une industrie donnée est affectée par les performances de R&D des industries la fournissant en biens intermédiaires. L'amélioration de la qualité des biens ainsi échangés ne serait pas prise en compte dans les déflateurs d'output qui ne reflètent que les variations de prix, si bien que les acheteurs se trouveraient en possession de produits de qualité supérieure mais de coût identique aux précédents. Le prix nominal devenant inférieur au prix « réel », il s'ensuit un gain de productivité pour l'utilisateur, qui dispose ainsi d'une quantité d'inputs supérieure à la quantité mesurée et se trouve donc en situation d'accroissement de la productivité totale de ses facteurs, etc... Une telle explication est bien entendu limitée aux progrès technologiques appliqués aux seuls produits, ce qui peut apparaître cohérent avec les résultats sur l'appropriabilité obtenus par Levin et al. Le second cas, qui concerne la vente de brevets et de licences, est beaucoup plus évident : dans cette situation, l'innovation est directement vendue sur le marché, à un coût qui peut être certes différent de sa valeur « réelle », mais indique clairement le chemin suivi par la diffusion du savoir-faire technologique.

La transmission par l'intermédiaire de relations de production fait généralement appel à des rapports de complémentarité technique entre entreprises. Il peut alors s'agir de collaborations entre producteurs, d'interactions entre producteurs et utilisateurs ou encore de l'apparition d'innovations complémentaires. La collaboration entre producteurs, parfois rivaux sur une même technologie, repose sur l'échange d'informations et d'expériences. Elle peut être formalisée par le biais d'accords de coopération, de joint-ventures, voire d'acquisitions, mais va parfois également revêtir l'apparence d'une coopération informelle entre ingénieurs appartenant à des firmes différentes (Von Hippel/1989). Les interactions entre producteurs et utilisateurs de technologie sont très importantes, à partir du moment où des utilisateurs très compétents donnent naissance à des innovations grâce à des demandes spécifiques, voire développent des produits avant de les faire fabriquer par le producteur (Von Hippel/1978). Enfin, il faut signaler l'existence d'innovations qui ne peuvent fournir tout leur potentiel que si des complémentarités technologiques se font jour, favorisant l'apparition de grappes d'industries par le biais d'interconnexions et de renforcements mutuels. Il s'agit bien ici de ce que Griliches (1979) qualifie de l'inspiration qu'une performance de R&D, une découverte technique ou une innovation dans un secteur peut provoquer dans un autre secteur.

Une fois définies ces deux catégories de transmission inter-sectorielle des savoir-faire technologiques, reste à mesurer l'intangible, c'est-à-dire à répondre aux questions suivantes :

- quels sont la nature et le volume du transfert de technologie opérant entre différentes industries ?
- quels sont les gains retirés de cette opération par les industries bénéficiaires du transfert ?

II. – LES ÉTUDES APPLIQUÉES

II.a. La diffusion du savoir-faire technologique via les échanges de biens intermédiaires et capitaux.

La transmission d'un savoir-faire technologique incorporé dans les biens intermédiaires est généralement observée à l'aide de modèles reposant sur un mariage entre les données traditionnelles fournies par les tableaux Input-Output et des indicateurs d'intensité technologique, tels que les dépenses de R&D par branche. On considère alors que le niveau de diffusion du savoir technologique et des innovations à travers le système productif dépend du degré d'interdépendance économique entre les industries.

En dépit du travail pionnier de Striner (1959), il semble bien que ce soit à Brown-Conrad (1967) et Terleckyj (1974 et 1980) que revienne l'idée d'utiliser les transactions interindustrielles afin de caractériser les flux de technologie, en supposant que les dépenses de R&D se diffusent proportionnellement aux flux directs d'inputs intermédiaires et capitaux. Sur cette base, Terleckyj va montrer que le taux de rendement de la R&D contenue dans les biens achetés aux autres secteurs est de 45 % pour les industries manufacturières contre seulement 28 % pour la R&D interne à l'industrie. L'hypothèse consistant à employer la R&D comme varia-

ble proxy de l'effort technologique a été par la suite reprise par différents auteurs, qui ont également utilisé les tables Input-Output, tels que Postner et Wesa (1983) pour le Canada. Le travail le plus achevé en la matière est probablement celui réalisé par Momigliano et Siniscalco (1984), qui utilisent la méthode des sous-systèmes pour caractériser la R&D incorporée (de manière directe et indirecte) dans la production d'un bien. La technique employée consiste à prémultiplier une matrice de sous-systèmes, représentative des échanges directs et indirects entre branches et entre branches et demande finale, par un vecteur de R&D afin d'obtenir une imputation de la R&D sectorielle aux produits finals. Les résultats montrent, au niveau italien, que les produits qui incorporent le plus de savoir-faire technologique appartiennent aux branches des biens électriques et des véhicules à moteur, alors que l'on retrouve à l'autre bout de l'échelle les produits alimentaires et les textiles. Sur cette même base, Marengo (1988) et Marengo et Sterlacchini (1990) proposent l'élaboration de taxonomies sectorielles et se livrent à de nouvelles études qui viennent confirmer les résultats précédents. Ils suggèrent également de marier les données de R&D, de brevets et d'innovations au sein d'un modèle avec retard, non exploité : Torre (1989a et b) retourne la causalité du modèle et étudie les industries qui se trouvent à l'origine des flux intersectoriels de technologie au sein de l'Economie Française. Le travail, réalisé sur la période 1974-1984, montre la capacité forte de diffusion des industries productrices de Biens Intermédiaires et de Véhicules Automobiles, ainsi que la croissance régulière dans ce domaine de la Production de Biens d'Équipement Ménager (qui incorpore une partie du matériel informatique). On doit noter, pour en terminer avec la méthode consistant à pondérer les dépenses sectorielles de R&D par les coefficients des matrices Input-Output, que cette approche repose sur un certain nombre d'hypothèses qui en fixent les limites, au premier plan desquelles l'utilisation de la seule R&D. Plus grave, elle est incapable d'établir une distinction entre la transmission du flux de technologie et les gains retirés par les bénéficiaires. Pour ces raisons, d'autres voies de recherche ont été explorées.

II.b. Les flux de technologie dans les matrices de brevets et d'innovations.

Face à la lourdeur des hypothèses sous-jacentes à l'utilisation des tableaux d'échanges interindustriels, certaines analyses ont fait appel à la construction de « matrices de technologie », élaborées à partir des statistiques de brevets ou d'innovation. La formulation matricielle permet alors la détermination des flux de technologie en dehors de toute relation d'échange de biens, les variables utilisées étant généralement de deux types : brevets et innovations. Ici encore on peut s'interroger sur le caractère représentatif de ces données, en raison de leur prise en compte partielle de l'intensité technologique d'une industrie. Ainsi, le décompte des innovations réalisées par un secteur permet dans une certaine mesure de juger de son activité innovatrice, mais en aucun cas du volume des transactions. Il en va de même pour les statistiques sur les brevets, utilisées de manière croissante ces dernières années et qui présentent le même inconvénient (un « petit » brevet est équivalent à un « gros »), alors même que toutes les innovations ne sont pas brevetées et qu'un brevet ne permet pas toujours de capturer le bénéfice d'une innovation (une partie des travaux présentés ci-dessous est examinée dans Quelin/1988).

C'est probablement pour cette raison que le travail de Scherer (1982a, 1982b, 1984), qui constitue une référence incontournable en la matière, repose à la fois sur les dépenses de brevets et de R&D par industrie. Si Scherer s'inspire de la sug-

gestion de Schmookler (1966) de construire une matrice fondée sur les données de brevets (chaque brevet étant attribué à son industrie d'origine ainsi qu'aux industries censées l'utiliser), il utilise cette dernière comme un opérateur linéaire servant à indiquer la transmission de la R&D entre les industries d'origine et les industries utilisatrices. Les résultats obtenus par le biais d'une étude économétrique complémentaire montrent que la R&D totale (ie propre + empruntée) a un effet plus fort que la seule R&D propre sur la productivité des industries utilisatrices. Ils révèlent également que les principales industries américaines utilisatrices de technologie externe sont la Chimie et le Pétrole, ainsi que les Transports.

Le travail ainsi effectué par Scherer est réalisé chaque année au Canada par le Canadian Patent Office, qui publie la base de données de brevets PATDAT, exploitée par de nombreux chercheurs canadiens qui reformulent les échanges de brevets sous forme matricielle à partir du repérage des utilisateurs potentiels de brevets. La première étude a été l'œuvre de Seguin-Dulude (1982) qui, testant les hypothèses de Schmookler sur les effets de « technology push », montre qu'un certain nombre d'industries dites « de pointe », approvisionnent en technologie l'ensemble du système productif, la matrice ainsi élaborée se voyant par la suite utilisée par Mohnen et Lepine (1988). Dans ce travail, les flux interindustriels de technologie issus de l'étude de Seguin-Dulude sont incorporés dans les stocks de R&D, au sein d'un modèle d'équilibre temporaire traitant des transferts internationaux de technologie, une méthode semblable étant employée par Englander, Evenson et Hanazaki (1988) pour construire les stocks de R&D de six pays industrialisés, ou par Mohnen et Ducharme (1989) pour comparer les approches par les matrices de brevets et d'échanges interindustriels.

Toute différente est l'utilisation de la base PATDAT réalisée par de Bresson, qui s'intéresse également à la diffusion des technologies par l'intermédiaire du Tableau Entrées-Sorties (1989). Il propose en effet de se servir des échanges de brevets pour déterminer des grappes d'innovations ou « clusters », composées d'industries dont les technologies sont complémentaires. Cette analyse, appliquée aux pays de l'O.C.D.E. (de Bresson et Kwan Luck/1988) contribue à révéler la spécificité des systèmes nationaux d'innovation sur la base des relations de complémentarité technique et des effets de synergie technologique. Elle montre également un certain nombre de régularités, au premier rang desquelles il faut classer l'importance des biens capitaux en tant que facteurs de diffusion du progrès technologique : les quatre industries qui se distinguent à ce niveau dans les pays de l'O.C.D.E. sont la Production de Biens Électroniques, la Production d'Instruments Scientifiques et Professionnels, l'Équipement Électrique et les Machines-outils. Pour en terminer avec les analyses de brevets, il faut souligner tout l'intérêt du travail récemment réalisé par Archibugi (1988a et b), qui utilise cette approche pour juger des capacités de diffusion ou d'accessibilité technologique de différents secteurs de l'Économie Italienne. Ce sont ici les échanges de brevets avec l'extérieur – considérés comme plus fiables que les brevets nationaux car seules les inventions possédant une valeur commerciale et technologique y sont représentées – qui se voient retenus en tant qu'indicateurs technologiques.

Parallèlement à la construction des matrices de brevets, un certain nombre d'auteurs ont travaillé sur des matrices d'innovation, dont les plus connues sont celles réalisées à partir de la banque de données sur l'innovation du S.P.R.U., sur la base d'informations concernant plus de 4 000 innovations introduites en Grande-Bretagne au cours des 40 dernières années. Il faut ici noter que seul le

premier utilisateur de l'innovation est pris en compte, ce qui limite l'analyse des canaux de diffusion, mais qu'il s'agit de l'utilisateur effectif et non potentiel contrairement à la base PATDAT ou aux données brutes utilisées par Scherer. La première étude fondée sur ce matériau est l'œuvre de de Bresson et Townsend (1978) et porte sur huit secteurs agrégés. Plus ambitieux est le travail effectué par Robson, Townsend et Pavitt (1988), qui comparent leurs résultats avec ceux obtenus par Scherer et concluent à la forte similitude des structures sectorielles de production et d'utilisation de technologie aux U.S.A. et au Royaume-Uni. Ils montrent également que les industries de biens d'équipement utilisent dix fois plus d'innovations qu'elles n'en produisent et mettent en évidence le réseau complexe de la circulation des innovations au sein du système productif britannique. Leur étude permet de conclure que plus de 60 % des innovations introduites au cours de la période 1945-1983 ont été l'œuvre de quatre secteurs clés : la Chimie, l'Électronique, la Production de Biens Capitaux et la Production d'Instruments Scientifiques. Trop souvent ignoré, le travail réalisé par Soete (1988) à partir de la même base permet de prolonger cette approche par l'établissement d'une taxonomie fondée sur les caractéristiques technologiques des industries, mais également sur leurs capacités de diffusion, de production ou d'absorption des technologies.

C'est d'un tout autre type de matrices d'innovations dont il est question dans les travaux de Scholz (1989, 1990). Ici encore, comme dans le cas du S.P.R.U., l'analyse est fondée sur une base de données, réunie par l'I.F.O. sur un échantillon de 5 000 firmes industrielles d'Allemagne de l'Ouest, reliées à 300 groupes de produits. Toutefois, l'Innovation Survey se réfère à toutes les formes d'innovations entreprises par les industries (R&D, dépôts de brevets, licences, design, préparation à la production, introduction sur le marché), si bien qu'il est possible d'obtenir, selon la demande, différentes matrices d'innovation (R&D, brevets...) correspondant à des hypothèses variables. L'utilisation faite par Scholz de ces matrices afin de juger de la diffusion intersectorielle des savoir-faire technologiques conduit à un classement des secteurs en fonction de leur utilisation de technologie interne ou externe. On constate ainsi que les Produits Chimiques incorporent un volume important des deux types de savoir-faire, que l'Industrie Plastique reçoit beaucoup de technologie externe et que l'Industrie Aéronautique est le principal diffuseur de technologie au sein de l'industrie Ouest-Allemande.

II.c. L'analyse économétrique des externalités positives de technologie.

A l'exception notable de la tentative effectuée par Mohnen et Ducharme (1989), les travaux précédents s'attachent davantage à identifier les industries se trouvant à l'origine ou à l'arrivée des flux interindustriels de technologie qu'à estimer le gain procuré par le transfert de savoir-faire aux industries bénéficiaires. C'est vers ce type d'études que s'est tourné tout un courant, que l'on peut qualifier de nord-américain (Canada et U.S.A.), dont les représentants se consacrent avant tout aux « interindustry spillovers », ou externalités positives de technologie, du point de vue du gain de productivité procuré par ces dernières aux firmes receveuses. Du fait du déplacement de l'intérêt, c'est une approche tout à fait différente qui est privilégiée avec le recours aux techniques économétriques, la capacité d'analyse des taux de rendement de la R&D se payant du prix de l'abandon de toute modélisation des canaux de transmission. Cette absence apparaît d'ailleurs toute naturelle pour une approche qui ne vise pas à étudier la transmission par les seuls échanges marchands (de biens ou de brevets et licences) mais s'intéresse de manière indif-

férenciée à toutes les formes de transfert de technologie (une partie des travaux présentés ci-dessous est analysée in Haudeville/1990).

Les articles consacrés à l'étude des externalités positives de technologie entre secteurs industriels s'inscrivent dans le cadre d'un travail de recherche plus important, visant à estimer l'impact des transferts de technologie sur la productivité des entreprises, qu'il s'agisse des niveaux inter ou intra-industriels (à preuve le débat consacré au thème « estimation and measurement of spillover effects of R&D investment » dans les papers and proceedings de l'American Economic Review (1988)). Pour la partie qui nous intéresse, on reprendra ici la distinction effectuée par Mohnen (1989) dans son tour d'horizon très complet, en séparant les recherches réalisées à partir de la position des firmes dans un espace technologique et celles réalisées sur la base d'estimations directes.

C'est à Jaffe (1986 et 1988) que l'on doit les études consacrées aux externalités de technologie et fondées sur la position technologique des firmes. Il essaie ainsi de mesurer l'effet moyen de la R&D des autres entreprises sur la productivité de la R&D d'une firme précise et de vérifier l'idée que les succès de cette dernière sont dépendants de l'activité de recherche de ses voisins. Les espaces technologiques sont construits à partir des données de brevets des différentes firmes et permettent l'établissement d'un « pool potentiel de spillovers », constitué par la somme pondérée de la R&D des autres firmes, les poids étant proportionnés à la proximité des firmes dans l'espace technologique. La modélisation à partir d'une fonction de Cobb-Douglas modifiée (déjà utilisée par Griliches et Mairesse/1984) révèle un taux de rendement très important de R&D externe. On doit noter cependant que cette méthode présente l'inconvénient de mesurer à la fois les transferts intra et inter-industriels, si bien qu'il se révèle impossible d'isoler les industries diffusant le savoir-faire technologique, même si l'on constate que les entreprises qui effectuent des recherches dans des champs technologiques très fréquentés ont un plus fort rendement en termes de brevets ou de profits par dollar de R&D investi.

Les travaux réalisés sur la base d'estimations directes des sources de R&D évitent bien évidemment l'inconvénient constitué par le « pool de spillovers » et permettent d'estimer des transferts intersectoriels de savoir-faire, Bernstein et Nadiri (1988), en introduisant séparément chaque source d'externalité positive dans leur fonction de production, ont ainsi été en mesure de construire une table caractérisant les sources et les bénéficiaires de chaque transfert parmi cinq industries américaines sur la période 1958-1981. Si chaque industrie (Chimie, Production de Matériel Électrique, Production de Matériel Non Électrique, Transports, Instruments scientifiques) se révèle diffuser les effets de sa propre R&D, c'est avant tout la Chimie qui apparaît comme une source de transferts de technologie. Bernstein (1988 et 1989), réitérant cette étude sur 9 industries canadiennes, montre que les sources principales de transferts se situent dans les domaines de la Chimie, du Pétrole et du Plastique. Il révèle également que le taux de rendement social du capital de R&D (i.e. taux de rendement privé + composantes dues aux externalités intra et inter-industrielles) est nettement plus important que le taux de rendement privé, les transferts intra-industriels représentant 38 % du rendement de la R&D des industries étudiées. Ainsi, la diffusion inter-sectorielle des savoir-faire technologiques se révèle, pour les industries bénéficiaires, bien plus efficace que la diffusion intra-sectorielle et vient jouer un rôle tout à fait primordial dans les gains de productivité réalisés par les entreprises industrielles.

INTRODUCTION

- C. d'ASPREMONT et A. JACQUEMIN (1988) : Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers ; *American Economic Review*, Dec., vol. 78, pp. 1133-1137.
- F. CHESNAIS (1990) : La Compétitivité Technologique en tant que Compétitivité Structurelle, in F. Chesnais (ed) : *Compétitivité Internationale et Dépenses Militaires* ; Economica, Paris.
- G. DOSI, C. FREEMAN, R. NELSON, G. SILVERBERG et L. SOETE (1988) : *Technical Change and Economic Theory* ; Pinters Publishers, London & New-York.
- I. ENRIQUES (1990) : Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers : Comment ; *American Economic Review*, June, vol. 80, pp. 638-640.
- Z. GRILICHES (1960) : Hybrid Corn and the Economics of Innovation ; *Science*, vol. 29, July, pp. 275-280.
- Z. GRILICHES (1964) : Research Expenditures, Education and the Aggregate Agricultural Production Function ; *American Economic Review* ; vol. 54, pp. 961-974.
- E. MANSFIELD (1961) : Technical Change and the Rate of Imitation ; *Econometrica*, Oct., pp. 741-766.

I

- Z. GRILICHES (1979) : Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth ; *Bell Journal of Economics*, vol. 10, n° 1, pp. 92-116.
- Z. GRILICHES and F. LICHTENBERG (1984) : Interindustry Technology Flows and Productivity Growth: a Reexamination; *The Review of Economics and Statistics*, Mai, vol. LXVI, n° 2, pp. 324-329.
- R. LEVIN, A. KLEVORICK, R. NELSON et S. WINTER (1987): Appropriating the Returns from Industrial Research and Development; *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 3, pp. 783-820.
- B.A. LUNDVALL (1988) : Innovation as an Interactive Process: from User-producer Interaction to the National System of Innovation; in G. DOSI et al.: *Technical Change and Economic Theory*; Pinters Publishers, London & New-York.
- E. VON HIPPEL (1978): Users as Innovators; *Technology Review*, vol. 81, pp. 31-39.
- E. VON HIPPEL (1982): Appropriability of Innovation Benefit as a Predictor of the Source of Innovation; *Research Policy*; vol. 11, pp. 95-115.
- E. VON HIPPEL (1989): Cooperation between Rivals: Informal Know-how Trading; in B. CARLSSON (ed): *Industrial Dynamics*, Kluwer Academic Publishers.

II.a

- M. BROWN et A.M. CONRAD (1967) : The Influence of Research and Education on CES Production Relations; in M. BROWN (ed): *The Theory and The Empirical Analysis of Production*; Studies in Income and Wealth, NBER, New-York.
- L. MARENGO (1988) : *Flows of technology via intermediate goods : an Input-Output analysis* ; Mimeo SPRU, University of Sussex.
- L. MARENGO et A. STERLACCHINI (1990) : *Intersectoral Technology Flows. Methodological Aspects and Empirical Applications* ; *Metroeconomica*, Feb. vol. 41 n° 1, pp. 19-40.
- F. MOMIGLIANO and D. SINISCALCO (1984): Technology and International Specialization; *Banca Nazionale del Lavoro Quartely Review*; Sept., n° 154, pp. 257-284.
- H. POSTNER et L. WESA (1983): *Canadian Productivity Growth: an Alternative Input-Output Analysis*; Economic Council of Canada, Ministry of Supply and Services, Ottawa.

- H.F. STRINER (1959): *A Matricial Accounting System for measuring the Intersectoral Flow of R.D. Funds in the U.S.*; John Hopkins University Press.
- N. TERLECKYJ (1974) : *Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: an Explanatory Study*; National Planning Association, New-York.
- N.E. TERLECKYJ (1980) : Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries; in J.W. KENDRICK and B.N. VACCARA (eds): *New Developments in Productivity Measurements and Analysis*; University of Chicago Press.
- A. TORRE (1989a): *Technical Progress and Technological Complementarities: in search of new Tools*; Communication présentée à la IX^e Conférence Internationale sur les Techniques d'Input-Output ; Keszthely, Hongrie, 4-9 septembre.
- A. TORRE (1989b) : Diffusion des Innovations et Octroi de Crédit dans les Processus de Changement Structurel ; in *Croissance, Industrie, Services et Révolution Technique*, actes du Colloque de l'A.F.S.E., Nathan.

II.b

- D. ARCHIBUGI (1988a) : The Inter-Industry Distribution of Technological Capabilities. A Case Study in the Application of the Italian Patenting in the U.S.A.; *Technovation*; n° 7, pp. 259-274.
- D. ARCHIBUGI (1988b): In Search of a Useful Measure of Technological Innovation (to Make Economists Happy without Discontenting Technologists); *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 34, pp. 253-277.
- C. de BRESSON (1989): *The Diffusion of Technological Innovation through the Input-Output Table*; Communication présentée à la IX^e Conférence Internationale sur les Techniques d'Input-Output ; Keszthely, Hongrie, 4-9 septembre.
- C. de BRESSON and F. KWAN LUK (1988) : *Technical Hierarchies and Innovation Clusters in some O.E.C.D. Countries*; Concordia University, Montréal, août.
- C. de BRESSON et J. TOWNSEND (1978) : Notes on the Inter-industrial Flow of Technology in Post-war Britain; *Research Policy*, vol. 7, pp. 48-60.
- A. ENGLANDER, R. EVENSON et M. HANAZAKI (1988) : Recherche, Développement, Innovation et Fléchissement de la Productivité Totale des Facteurs ; *Revue Économique de l'O.F.C.E.*, vol. 11, pp. 7-47.
- P. MOHNEN et L.M. DUCHARME (1989) : *R&D Spillovers and Social Rates of Return on R&D*; Communication présentée à la IX^e Conférence sur les Techniques d'Input-Output, Keszthely, Hongrie, 4-9 septembre.
- P. MOHNEN et N. LEPINE (1988) : *Payments for Technology as a Factor of Production*; Université du Québec à Montréal, Département des Sciences Économiques.
- B. QUELIN (1988) : La Diffusion des Innovations : une analyse interindustrielle, in R. ARENA, J. DE BANDT, L. BENZONI et P.M. ROMANI : *Traité d'Économie Industrielle* ; Economica, Paris.
- M. ROBSON, J. TOWNSEND and K. PAVITT (1988) : Sectoral Patterns of Production and Use of Innovations in the U.K. : 1945-1983 ; *Research Policy*, vol. 17, pp. 1-14.
- F.M. SCHERER (1982a) : Inter-Industry Technology Flows in the United States; *Research Policy*; vol. XI, pp. 227-245.
- F.M. SCHERER (1982b) : Demand-Pull and Technological Invention: Schmookler Revisted; *Journal of Industrial Economics*, March, vol. XXX, n° 3, pp. 225-237.
- F.M. SCHERER (1984) : Using Linked Patent and R&D Data to Measure Interindustry Technology Flows, in Z. Griliches (ed): *R&D, Patents and Productivity*, NBER, University of Chicago Press.
- J.J. SCHMOOKLER (1966) : *Innovation and Economic Growth*; Harvard University Press, Cambridge.

- L. SCHOLZ (1989) : *The Innovation-Flow in the German Economy. An Input-Output Analysis on the IFO Innovation Survey Data Base*; Communication présentée à la IX^e Conférence Internationale sur les Techniques d'Input-Output ; Keszthely, Hongrie, 4-9 septembre.
- L. SCHOLZ (1990) : From the Innovation Survey to the Innovation-Flow Matrix; in Matzner et Wagner (eds): *The Employment Impact of New Technology*, Avebury.
- L. SEGUIN DULUDE (1982) : Les Flux technologiques interindustriels : une analyse exploratrice du potentiel canadien ; *Actualité Économique* ; Juillet, pp. 259-281.
- L. SOETE (1988) : Technological Change at the Sectoral Level: or how to Cope with Inter-sectoral Technology Flows; in K.D. Freimann and A.E. Ott (eds): *Theorie und Empirie in der Wirtschaftsforschung*; J.B. Mohr, Tübingen.

II.c

- J. BERNSTEIN (1988) : Costs of Production, Intra and Interindustry R&D Spillovers: Canadian Evidence; *Canadian Journal of Economic*; vol. XXI, n° 2, pp. 324-347.
- J. BERNSTEIN (1989) : The Structure of Canadian Inter-Industry R&D Spillovers, and the Rates of Return to R&D; *Journal of Industrial Economics*; March, vol. XXXVII, n° 3, pp. 315-328.
- J. BERNSTEIN et M.I. NADIRI (1988) : Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries; *American Economic Review*, Papers and Proceedings, May, pp. 429-434.
- American Economic Review (1988) : *The Estimation and Measurement of Spillover Effects of R&D Investment* (varü auctores) ; Papers and proceedings, May.
- Z. GRILICHES et J. MAIRESSE (1984) : Productivity and R&D at the Firm Level; in Z. Griliches (ed): *R&D, Patents and Productivity*; University of Chicago Press, Chicago.
- B. HAUDEVILLE (1990) : Leadership Technologique et R&D Militaire : les Politiques Américaines des Années 80 ; in F. Chesnais (ed) : *Compétitivité Internationale et Dépenses Militaires* ; Economica, Paris.
- A.B. JAFFE (1986) : Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value; *American Economic Review*, vol. 76, n° 5, pp. 984-1001.
- A.B. JAFFE (1988) : Demand and Supply Influences in R&D Intensity and Productivity Growth; *Review of Economics and Statistics*, vol. LXX, n° 3, August, pp. 431-437.
- P. MOHNEN (1989) : *New Technologies and Inter-Industry Spillovers*; CERPE, Université du Québec à Montréal, Cahier n° 8.

ANNEXE

Et les Interactions entre Science et Industrie ?

L'étude de la transmission inter-sectorielle des savoir-faire technologiques doit logiquement déboucher sur un examen approfondi des liens existant entre la recherche dite académique (i.e. réalisée dans les Universités ou les Instituts) ou de base et l'Industrie, du moins si l'on considère les institutions de recherche comme des producteurs de savoir et leur production comme une composante importante de la partie publique de la technologie. Cette interaction, évoquée par des auteurs tels que Freeman ou Pavitt, a été rarement analysée sur le terrain et encore moins souvent quantifiée. On doit cependant évoquer brièvement trois travaux, dont deux particulièrement récents qui, avec des méthodes radicalement différentes, fournissent une première mesure de ce phénomène. L'article de Nelson (1986) étudie, sur la base de questionnaires aux industriels et d'analyse économétrique traditionnelle (coefficients de régression et t de student) le rôle des Universités et Instituts de Recherche dans la création et la dissémination du savoir technologique. Les résultats révèlent que les seules industries bénéficiant de manière importante de ces transferts appartiennent au domaine de la biologie, la recherche universitaire générant rarement elle-même une nouvelle technologie mais accroissant les opportunités et la productivité de la R&D privée en incitant les firmes à dépenser davantage. Le travail de Jaffe (1989) repose sur l'étude de « spillovers » localisés de savoir entre universités et industries dans 29 États américains. Le modèle, du même type que celui examiné dans la note ci-dessus (Cf. Jaffe/1986), permet de montrer que la proximité géographique constitue un facteur fondamental de la diffusion et suggère également que les effets de transmission sont limités à des aires spécifiques, en d'autres termes aux États concentrant leurs ressources sur un petit nombre d'institutions scientifiques. Le dernier travail, de nature plus microéconomique, est l'œuvre de Callon, Courtial et Laville (1989) et porte sur un champ tout à fait particulier des interactions entre recherche de base et recherche appliquée : les polymères. Cette étude, réalisée sur la base d'une analyse scientométrique des mots-associés qui conduit à l'élaboration de réseaux et d'agrégats thématiques, révèle non seulement les interactions entre la science et les techniques mais également les trajectoires suivies par le savoir scientifique et son rôle d'impulsion dans la mise en place de nouveaux axes de recherche et d'applications industrielles.

M. CALLON, J.P. COURTIAL et F. LAVILLE (1989) : La Méthode des Mots-Associés comme Outil d'Analyse des Interactions entre Recherche de Base et Recherche Appliquée, *Les Cahiers de l'ADEST*, pp. 113-155.

A. JAFFE (1989) : Real Effects of Academic Research ; *American Economic Review* ; vol. 79, n° 5, pp. 957-970.

R. NELSON (1986) : Institutions supporting Technical Advance in Industry ; *American Economic Review* ; Papers and Proceedings, mai, pp. 186-189.