

**D  
O  
C  
U  
M  
E  
N  
T  
  
H  
O  
R  
S  
  
S  
É  
R  
I  
E**

**SCIENCES ET TECHNOLOGIE :  
PERSPECTIVES SUR LES  
POLITIQUES  
PUBLIQUES**

*Document hors-série no. 9  
Juillet 1995*



Industrie Canada    Industry Canada

**D  
O  
C  
U  
M  
E  
N  
T  
  
H  
O  
R  
S  
  
S  
É  
R  
I  
E**

**SCIENCES ET TECHNOLOGIE :  
PERSPECTIVES SUR LES  
POLITIQUES  
PUBLIQUES**

*par Donald G. McFetridge, professeur  
Université Carleton  
En vertu d'un contrat passé avec Industrie Canada  
dans le cadre de l'examen des sciences et de la technologie*

*Document hors-série no. 9  
Juillet 1995*

## REMERCIEMENTS

*L'auteur aimerait remercier le professeur Jorge Niosi pour ses commentaires sur cette étude. L'auteur a également bénéficié de discussions avec le professeur Keith Acheson*

*Les opinions exprimées dans ce document hors-série ne reflètent pas nécessairement celles d'Industrie Canada ou du gouvernement fédéral.*

*Vous trouverez à la fin de l'ouvrage des renseignements portant sur les documents publiés dans le cadre du Programme de publications de recherche et sur la façon d'en obtenir des exemplaires.*

Prière d'adresser tout commentaire à :

Someshwar Rao, Directeur  
Analyse des investissements stratégiques  
Analyse de la politique micro-économique  
Industrie Canada  
5<sup>e</sup> étage, tour ouest  
235, rue Queen  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0H5

Téléphone: (613) 941-8187

Facsimile: (613) 991-1261

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	i
INTRODUCTION .....	1
<b>PREMIÈRE PARTIE</b>	
<b>ANALYSE COMPARATIVE DU RÔLE DES INSTITUTIONS EN MATIÈRE</b>	
<b>D’AFFECTATION DES RESSOURCES .....</b>	<b>3</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>Les limites du marché .....</b>	<b>4</b>
<i>Le problème de la propriété non exclusive des</i>	
<i>connaissances .....</i>	<i>5</i>
<i>Asymétries sur le plan de l’information .....</i>	<i>11</i>
<b>Les déficiences du secteur public :</b>	
<b>les limites de l’intervention .....</b>	<b>14</b>
<b>L’évaluation par des pairs :</b>	
<b>les institutions de science ouverte .....</b>	<b>18</b>
<b>DEUXIÈME PARTIE</b>	
<b>DONNÉES EMPIRIQUES SUR LES EXTERNALITÉS .....</b>	<b>21</b>
<b>Taux de rendement privé et social sur</b>	
<b>des innovations de propriété exclusive .....</b>	<b>21</b>
<i>Étude de cas .....</i>	<i>21</i>
<i>Résultats d’analyses économétriques .....</i>	<i>25</i>
<b>La R-D subventionnée par l’État .....</b>	<b>29</b>
<i>La R-D dans le secteur agricole .....</i>	<i>29</i>
<i>R-D en infratechnologie .....</i>	<i>33</i>
<i>La R-D commerciale financée par l’État .....</i>	<i>35</i>
<i>Bilan de la R-D financée par le secteur public .....</i>	<i>39</i>
<b>Incidence industrielle des retombées .....</b>	<b>40</b>
<b>Les retombées sont-elles en baisse? .....</b>	<b>43</b>
<b>L’aspect géographique des retombées .....</b>	<b>45</b>
<i>Les économies d’agglomération locale .....</i>	<i>45</i>
<i>Retombés internationales .....</i>	<i>55</i>
<b>TROISIÈME PARTIE</b>	
<b>ACCROÎTRE LE POUVOIR D’EXCLUSIVITÉ : LE SYSTÈME DE BREVETS .....</b>	<b>63</b>
<b>Le marché de la propriété intellectuelle .....</b>	<b>63</b>
<b>Le brevet comme stimulant à l’invention .....</b>	<b>65</b>
<b>Le système des brevets et la divulgation de l’information</b>	
<b>technologique .....</b>	<b>67</b>
<b>Le rôle du secret .....</b>	<b>69</b>
<b>Le droit optimal en matière de brevet .....</b>	<b>71</b>

Conclusion .....	75
<b>QUATRIÈME PARTIE</b>	
<b>COMPENSER L'INCAPACITÉ D'APPROPRIATION :</b>	
<b>LES STIMULANTS FISCAUX, LES SUBVENTIONS ET LES ACHATS PUBLICS . . .</b>	<b>77</b>
<b>Les stimulants fiscaux .....</b>	<b>77</b>
<b>Les subventions .....</b>	<b>82</b>
<i>Aperçu des subventions à l'innovation .....</i>	<i>82</i>
<i>Programmes de subventions appuyant l'innovation .....</i>	<i>84</i>
<i>Évaluation des programmes de subvention .....</i>	<i>88</i>
<b>Les achats publics .....</b>	<b>91</b>
<b>Le financement concessionnel .....</b>	<b>92</b>
<b>CINQUIÈME PARTIE</b>	
<b>MODÈLES D'INNOVATION ET POLITIQUE PUBLIQUE .....</b>	<b>95</b>
<b>Modèle linéaire et modèle de rétroaction de l'innovation .....</b>	<b>95</b>
<b>Le modèle linéaire et les politiques gouvernementales .....</b>	<b>99</b>
<b>Le modèle de rétroaction et les politiques     gouvernementales .....</b>	<b>100</b>
<b>SIXIÈME PARTIE</b>	
<b>L'ÉCONOMIQUE, L'ÉCONOMIE POLITIQUE     ET LES MODÈLES D'INNOVATION .....</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>106</b>
<b>PROGRAMME DE PUBLICATIONS DE RECHERCHE .....</b>	<b>117</b>

## RÉSUMÉ

L'argument des *déficiences du marché* constitue la justification traditionnelle de l'intervention de l'État dans les activités d'innovation (ou dans toute autre activité économique). Selon cet argument, on démontre que, dans certaines conditions précises, les institutions du marché n'affectent pas les ressources de façon aussi efficiente qu'il est théoriquement possible de le faire. On observe souvent la présence de déficiences ou d'imperfections dans des marchés qui possèdent au moins l'une des caractéristiques suivantes : externalités, biens publics, indivisibilités, niveaux de connaissance imparfaits, marchés fragmentaires et concurrence imparfaite.

L'auteur du présent document procède à un examen approfondi des raisons théoriques pour lesquelles les marchés et les gouvernements peuvent affecter des niveaux insuffisants de ressources aux diverses formes d'activités innovatrices et de création de la connaissance. L'auteur soutient aussi qu'une aide publique à la science et à la technologie peut contribuer efficacement à corriger les déficiences du marché. Toutefois, il se peut que l'intervention de l'État n'améliore pas la performance du marché si les programmes ou l'aide ne suivent pas les principes microéconomiques d'une conception de politique efficiente.

On convient généralement que la connaissance possède plusieurs propriétés qui font que les décideurs du secteur privé auront probablement tendance à la produire en quantités insuffisantes. L'une de ces propriétés est que l'auteur de la connaissance ou du savoir ne possède que des moyens imparfaits d'en conserver la propriété exclusive. Il se peut donc que les personnes ou les entreprises qui réussissent à créer des connaissances nouvelles ne soient pas en mesure d'empêcher d'autres intervenants de les utiliser et d'en tirer avantage. Deux autres caractéristiques du savoir expliquent l'intérêt social que sa diffusion soulève. Premièrement, si elle doit avoir une valeur quelconque, la connaissance émanant d'une source doit souvent être utilisée de concert avec le savoir provenant d'autres domaines. Deuxièmement, la connaissance est un bien public, ce qui signifie que son utilisation pour une fin donnée n'empêche pas de s'en servir à d'autres fins.

L'auteur examine la question des externalités ou des retombées, qu'il définit comme étant la somme supplémentaire qu'un utilisateur aurait été disposé à payer au-delà du montant qu'il a effectivement déboursé pour acquérir un bien. Parmi les sources de retombées examinées par l'auteur figurent l'imitation, les effets de démonstration, l'expérience et l'incubation.

Il analyse aussi des données empiriques sur les avantages des retombées attribuables aux dépenses en R-D et à l'activité innovatrice. Cette analyse débute par une revue des conclusions d'études de cas dans lesquelles les auteurs ont tenté d'évaluer l'écart entre le taux de rendement social et le taux de rendement privé de l'activité innovatrice. Dans le cadre notamment de son examen de la R-D financée par l'État, l'auteur conclut que la R-D préconcurrentielle financée par le secteur public a généré des taux de rendement excellents mais que le bilan en ce qui a trait à la R-D de propriété exclusive financée par les fonds publics a été beaucoup moins impressionnant.

L'auteur passe ensuite en revue des études qui font état d'une baisse des taux de retombée de la R-D au cours des dernières années. Puis, l'analyse des effets d'agglomération locale permet à l'auteur de conclure qu'il existe des économies d'agglomération et que leurs sources les plus probables sont le marché du travail et la spécialisation en matière d'infrastructure (notamment les réseaux de transport). Mais il semble toutefois qu'il y a peu de raison de croire que des entreprises éloignées de leurs rivales soient désavantagées sur le plan technologique.

Il ressort de l'examen des retombées internationales que leur présence a pour effet de rendre plus complexe la détermination de mesures visant à assurer une affectation efficiente des ressources. Les politiques devraient avoir pour objectif d'encourager des activités qui comportent des avantages élevés en matière de retombées intérieures. Les innovations qui ont précisément pour effet de générer les retombées intérieures les plus importantes pourraient être celles qui augmentent la valeur des ressources uniques d'un pays.

L'auteur évalue aussi divers mécanismes légaux, notamment les brevets, qui ont pour rôle de protéger les droits de propriété intellectuelle et d'accroître le pouvoir d'exclusivité de la connaissance. Les résultats empiriques laissent entendre que, tout compte fait, la protection accordée par les brevets est maintenant plus élevée que nécessaire. Mais les modalités d'accès soulèvent certaines préoccupations au Canada qui justifient un système de protection par voie de brevets un peu plus rigoureux.

L'étude se poursuit avec une analyse des moyens d'intervention visant à contrebalancer le caractère non exclusif de la connaissance, notamment les stimulants fiscaux, les subventions, les politiques d'achat et le financement concessionnel. Les conclusions concernant l'efficacité des moyens d'intervention indiquent que les stimulants fiscaux et le financement concessionnel semblent être des instruments plus efficaces que des subventions directes, bien que les preuves empiriques soient limitées.

Dans la conclusion de son étude, l'auteur examine des modèles d'innovation de concert avec les politiques publiques. Selon les caractéristiques du modèle d'innovation linéaire, le processus d'innovation a comme point de départ la recherche fondamentale, suivi de l'étape de la recherche appliquée et, enfin, de celle du développement et de la commercialisation. On considère que la découverte scientifique est exogène. Dans le cadre d'un tel modèle, les interventions au niveau des politiques publiques suivent une évolution qui va d'un niveau important de soutien gouvernemental direct dans les premières étapes du processus à un appui direct limité dans les étapes subséquentes. Par ailleurs, le modèle de rétroaction met l'accent sur le caractère cumulatif et interdépendant du processus d'innovation. Dans ce cas, la règle simple à l'effet que la recherche fondamentale est la responsabilité exclusive de l'État ne tient plus. Le modèle de rétroaction du processus d'innovation semble être une représentation plus réaliste du processus véritable.

Les répercussions du modèle de rétroaction du point de vue des politiques publiques sont

complexes. Des programmes gouvernementaux à caractère global ne sont pas nécessaires. Dans nombre de cas, l'État peut tout simplement être un intervenant dans un processus évolutif. D'après le modèle de rétroaction, le secteur privé est une source possible importante de soutien à la recherche universitaire. Le rôle du gouvernement consiste à donner aux universités la souplesse nécessaire pour participer à de telles ententes. De plus, les travaux de recherche réalisés dans les laboratoires gouvernementaux peuvent avoir des applications commerciales selon ce modèle. Cette possibilité soulève la nécessité d'intensifier les efforts de coopération au niveau de la recherche, que ce soit sous la forme de contrats de sous-traitance à l'intérieur ou à l'extérieur, d'alliances ou de la formation de consortiums. Si l'on applique le modèle de rétroaction, il se pourrait que les structures de stimulants et d'organisation interne des laboratoires gouvernementaux doivent être modifiées pour qu'elles puissent agir efficacement de concert avec les autres composantes du système d'innovation.

## INTRODUCTION

La présente étude poursuit deux objectifs. Premièrement, elle vise à examiner le bien-fondé sur le plan économique d'une aide de l'État aux sciences et à la technologie et à étudier le rôle que les politiques publiques remplissent en matière de développement technologique. Deuxièmement, elle présente une description du rôle des sciences et de la technologie dans le processus de croissance économique et elle dégage les fondements micro-économiques à l'établissement de politiques publiques judicieuses.

L'étude comprend un examen des caractéristiques de certaines activités scientifiques et technologiques pour lesquelles le jeu des mécanismes des marchés privés peut mener à une affectation insuffisante de ressources. L'analyse porte sur des phénomènes tels que les retombées, les économies d'agglomération, les grappes industrielles et la R-D générique et infratechnologique.

L'étude contient une description des diverses institutions du marché qui contribuent à assurer un équilibre entre les stimulants sociaux et privés aux activités innovatrices. On y décrit aussi le rôle des institutions, des politiques et des programmes publics visant soit à comprimer l'écart qui sépare les taux de rendement privés des taux de rendement sociaux en matière d'activités innovatrices ou à réduire la mauvaise affectation des ressources qui en résulte.

Dans la première partie de l'étude, nous analysons les raisons pour lesquelles les «marchés» et les «pouvoirs publics» peuvent affecter des ressources insuffisantes aux diverses catégories d'activités innovatrices. Dans la deuxième partie, nous examinons les données empiriques sur les retombées des innovations et les taux de rendement social des activités innovatrices. La troisième partie contient une description du rôle que les droits de propriété intellectuelle peuvent remplir afin d'assurer un équilibre entre le taux de rendement social et privé des activités innovatrices. Dans la quatrième partie, nous étudions l'influence que les stimulants fiscaux, les subventions, les politiques d'achats et le financement concessionnel peuvent et devraient exercer sur le plan de l'encouragement aux activités innovatrices. La cinquième partie de l'étude est consacrée à une analyse des théories de l'innovation technologique et à leur incidence sur les politiques publiques. Enfin, dans la sixième partie, nous dégageons certaines conclusions générales.



## **PREMIÈRE PARTIE**

### **ANALYSE COMPARATIVE DU RÔLE DES INSTITUTIONS EN MATIÈRE D'AFFECTION DES RESSOURCES**

#### **Introduction**

On aborde souvent l'examen du rôle de l'État dans l'économie en considérant le marché et l'État comme des options qui s'excluent mutuellement. En fait, il s'agit rarement d'un choix entre des options opposées; c'est plutôt une question de déterminer la nature et la portée pertinentes d'une participation de l'État au processus d'innovation (une entreprise qui nécessite une certaine compréhension des circonstances qui, selon toute vraisemblance, permettront au secteur public de disposer d'un avantage comparatif. Il s'agit essentiellement d'une question de conception institutionnelle, c'est-à-dire qu'il faut déterminer le système de stimulants qui permettra de régler le problème d'affectation de ressources auquel on fait face. Les organisations du secteur public peuvent faire appel largement à des stimulants calqués sur ceux du marché libre. Dans le cas de nombreuses organisations telles que les groupes de recherche et les organismes à but non lucratif, il peut s'avérer difficile à première vue de déterminer s'il s'agit d'institutions publiques ou privées.

Des éléments organisationnels apparaissent sur le marché afin de compenser des défaillances du marché, tandis que l'entreprise fait appel à des principes de marché afin de corriger des «défaillances organisationnelles». Une organisation en réseau voit le jour afin de faire face aux défaillances tant au niveau du marché que de l'organisation dans le système économique, et de profiter du même coup des avantages d'une coordination rapide (Imai et Baba, 1991, p. 390).

Le problème de conception en matière d'organisation et de stimulants est complexe et il figure à l'heure actuelle au premier plan dans le cas des institutions qui s'intéressent à l'innovation (Dasgupta et David, 1994). Tant les universités que les laboratoires gouvernementaux affichent de plus en plus une orientation commerciale et les entreprises individuelles collaborent entre elles par l'intermédiaire de différents types d'alliances et la formation de consortiums. Ces ententes de coopération mettent en cause divers niveaux de participation gouvernementale. Les institutions considérées auparavant comme autonomes et vouées à la science sont maintenant en voie de se fusionner. Il faudrait évaluer chacune de ces innovations institutionnelles en toute objectivité, c'est-à-dire à la lumière des problèmes précis d'affectation des ressources qu'elles soulèvent. Mais un examen approfondi de cet ordre dépasse largement la portée de notre étude, qui se limite nécessairement à l'examen des catégories générales de participation du secteur public à l'innovation technologique.

À un niveau d'agrégation élevé, on observe en quelque sorte un continuum des niveaux de participation du secteur public à l'innovation technologique. À l'un des extrêmes, la participation de l'État peut se limiter au maintien d'un environnement favorable à l'innovation par l'intermédiaire de la spécification et de l'attribution de droits de propriété intellectuelle et, de façon générale, du

maintien d'un régime économique et judiciaire qui incite les personnes à engager des investissements à longue portée. Au niveau suivant d'intervention publique, les gouvernements peuvent utiliser leurs pouvoirs d'imposition et de dépenses pour offrir des transferts aux entreprises, aux organismes à but non lucratif et aux personnes engagés dans des activités innovatrices. De tels transferts sont sélectifs en ce sens qu'ils encouragent certains types de travaux innovateurs par rapport à d'autres. Un autre niveau d'intervention consiste en une participation des ministères et des entreprises publiques à des activités d'innovation. La présente étude fait appel tant à la théorie économique qu'à l'observation empirique pour tenter de déterminer dans quelle mesure la portée et la nature de l'intervention gouvernementale en matière d'innovation technologique pourraient être modifiées à l'avenir.

### **Les limites du marché**

Le *modèle des déficiences du marché* est une approche classique pour déterminer un rôle approprié du secteur public dans le domaine de l'innovation ou de toute autre activité économique. Selon cette approche, les institutions du marché, dans des conditions précises, n'arrivent pas affecter les ressources de façon aussi efficiente qu'il serait théoriquement possible de le faire. On propose donc des mesures que le gouvernement pourrait appliquer pour améliorer le fonctionnement du marché.

Stiglitz (1991) soutient qu'il y a deux niveaux d'analyse des déficiences du marché. Le premier niveau met l'accent sur les externalités, les biens publics et le caractère indivisible de certains phénomènes. À ce niveau, on considère que les déficiences sont relativement peu fréquentes et que leur correction n'exige que des interventions de nature limitée. Le deuxième niveau d'analyse met en relief des niveaux de connaissance imparfaits et une concurrence incomplète et imparfaite sur les marchés. À ce niveau, les imperfections semblent être omniprésentes. Leur nombre est parfois si élevé qu'il est difficile d'évaluer leur incidence nette. Dans ces circonstances, les correctifs suggérés peuvent avoir caractère tant générique que complexe.

### ***Le problème de la propriété non exclusive des connaissances***

La recherche a pour objet de créer des connaissances. On admet généralement que la connaissance possède plusieurs propriétés qui font que les décideurs du secteur privé auront probablement tendance à la produire en quantités insuffisantes dans le contexte du marché. Le trait caractéristique de la connaissance ou du savoir qui est susceptible de mener à ce résultat est que son auteur ne possède que des *moyens limités* d'en *conserver la propriété exclusive*. Par conséquent :

[...] il se peut que les personnes ou les entreprises qui ont consacré des ressources à la création de connaissances nouvelles ne soient pas en mesure d'empêcher d'autres intervenants de les utiliser. En d'autres termes, il peut être difficile pour le créateur d'une innovation technologique de protéger ses droits de propriété, même si la législation sur les brevets et les droits d'auteur a été mise au point précisément pour cette raison (Grossman, 1992, p. 106).

Deux autres caractéristiques du savoir expliquent l'intérêt social que sa diffusion soulève. Premièrement, le savoir émanant d'une source doit souvent être utilisé avec la connaissance provenant d'autres domaines, s'il doit avoir une valeur quelconque. Deuxièmement, le savoir n'est pas assujéti à un phénomène d'épuisement ou de congestion. L'utilisation du savoir à une fin donnée ne diminue pas sa disponibilité ou la possibilité de s'en servir à d'autres fins. Il s'agit de l'aspect «bien public» qui se rattache à la connaissance.

Théoriquement, le coût supplémentaire d'utilisation du savoir, une fois qu'il a été produit, est nul. L'utilisation efficiente du savoir nécessite donc que son prix, du moins pour l'utilisateur marginal, soit égal à zéro. Dans un régime de marché, toutefois, les entreprises et les personnes ne consentiront à financer des travaux de recherche que dans la mesure où leur taux de rendement sera comparable à celui qui peut être obtenu sur d'autres investissements. Les travaux de recherche qui pourraient être financièrement attrayants si ses utilisateurs étaient appelés à les financer ne sont pas entrepris s'il est impossible d'obliger les utilisateurs à les financer.

Des tensions existent donc entre la production de la connaissance et sa diffusion. Si les utilisateurs sont tenus de payer, il est possible que la diffusion soit incomplète<sup>1</sup>. Si les utilisateurs ne sont pas tenus de payer, il se peut que les institutions du marché sous-investissent dans les travaux de création du savoir.

Les utilisateurs de la connaissance peuvent avoir recours à tout un éventail de moyens pour éviter d'en acquitter le prix, soit en totalité ou en fonction des avantages qu'ils retirent de son utilisation. On utilise l'expression retombées positives ou externalité pour désigner l'excédent du montant qu'un utilisateur aurait été disposé à payer sur la somme qui a véritablement été payée.

### *Les sources de retombées*

*Imitation* : On peut copier certaines innovations. Si l'innovateur ne reçoit pas de rétribution, l'imitateur profite d'une externalité ou de retombées positives. La concurrence provenant des imitateurs et des imitateurs en puissance a pour effet de réduire le prix de l'innovation. L'écart entre la valeur d'une innovation pour ses utilisateurs et le prix qu'ils paient effectivement pour l'acquérir équivaut à ce qu'on appelle le surplus du consommateur<sup>2</sup>. Par conséquent, l'imitation ou la menace de le faire permet tant aux imitateurs qu'aux utilisateurs de tirer avantage de

---

<sup>1</sup>La diffusion ne sera pas incomplète si les utilisateurs paient leur prix minimum respectif. L'utilisateur marginal n'aurait donc aucun prix à payer. Ce résultat peut être atteint, en théorie, dans une situation de discrimination parfaite par les prix et s'en rapprocher, en pratique, dans le cadre d'un régime de prix à plusieurs volets.

<sup>2</sup>Les acheteurs peuvent aussi obtenir un surplus en raison de la gamme de choix supplémentaires qui est à leur disposition.

retombées<sup>3</sup>.

Des coûts se rattachent à la production d'une imitation. Le coût en R-D de reproduction d'un nouveau produit breveté se situe ordinairement entre la moitié et les trois quarts du coût en R-D de l'innovateur. De façon générale, le coût en R-D de copie d'un nouveau produit non breveté fluctue entre un quart et la moitié du coût en R-D de l'innovateur (Levin et coll., 1987, tableau 8). Les imitateurs qui entreprennent de façon autonome des travaux de R-D retirent des avantages sous forme de retombées dans la mesure où le coût de l'imitation est inférieur au coût de l'innovation.

Levin et ses collaborateurs (1987) ont aussi conclu que les moyens utilisés pour copier des produits nouveaux sont, par ordre d'efficacité, des travaux de R-D entrepris de façon indépendante, la rétroingénierie, l'embauchage des employés en R-D de l'entreprise innovatrice, les publications ou les rencontres techniques, la fabrication sous licence, la divulgation de brevets et des conversations avec les employés de l'entreprise innovatrice. Les moyens qui peuvent être utilisés pour reproduire des innovations au niveau des procédés sont, par ordre d'efficacité, des travaux de R-D effectués de façon autonome, la fabrication sous licence, les publications ou rencontres techniques, la rétroingénierie, l'embauchage d'employés en R-D de l'entreprise innovatrice, la divulgation de brevets, des conversations avec les employés de l'entreprise innovatrice (tableau 1).

*Complémentarité et interdépendance* : Des innovations dans un secteur industriel peuvent générer des idées qui mèneront à des innovations parallèles dans d'autres industries. Des innovateurs qui intègrent et restructurent des idées tirées de l'expérience ou de l'observation de procédés et de produits nouveaux dans des industries non apparentées peuvent aussi provoquer des retombées positives.

---

<sup>3</sup>Griliches souligne que les avantages des retombées recueillies par les utilisateurs sous forme de prix moins élevés et par les imitateurs qui procèdent à une copie de l'innovation sont d'ordre *pécuniaire* et non d'ordre *réel*. En d'autres termes, les utilisateurs et les imitateurs ne font que partager un ensemble donné d'avantages avec l'innovateur. Des retombées réelles se produisent lorsqu'une innovation rend d'autres innovations possibles.

**Tableau 1**  
**Canaux de diffusion des technologies nouvelles**

	Importance (Classement)	
	Produit	Procédé
<b>Moyens d'imitation</b>		
	1	1
R-D autonome	2	4
Rétroingénierie	3	2
Fabrication sous licence	4	5
Embauche du personnel de R-D de l'innovateur	5	3
Publications ou rencontres techniques	6	6
Divulgateion de brevets		
Conversations avec des employés De l'entreprise innovatrice	7	7

Source: Levin et coll. (1987).

L'ordre de grandeur de ces avantages est très difficile à établir. À cet égard, Rosenberg (1982, p. 75) s'est exprimé en ces termes :

Toutefois, une innovation provenant de l'extérieur n'aura souvent pas uniquement pour effet de réduire le prix du produit dans l'industrie qui adopte l'innovation, mais celle-ci permettra l'utilisation de procédés ou la fabrication de produits entièrement nouveaux ou considérablement améliorés. Dans ce cas, il devient extrêmement difficile même de donner un ordre de grandeur raisonnable du rendement de l'innovation de départ parce que de telles innovations ouvrent la voie à tout un ensemble de nouvelles occasions économiques et servent de fondement à une vaste expansion industrielle dans d'autres domaines.

Les technologies qui offrent de vastes possibilités d'application et qui sont aptes à déclencher l'adoption d'innovations ou la poursuite de travaux de R-D qui mènent à des innovations dans un ensemble d'autres industries sont désignées sous le nom de *technologies génériques* (ou dans certains cas, de *technologies habilitantes*).

Les commentateurs du progrès technique au Japon ont décrit les innovations qui émanent de la combinaison de deux courants ou plus de discipline scientifique ou de technologie comme étant des «fusionnements». La robotique ou «mécatronique» est un exemple d'un tel fusionnement

(Imai et Baba, 1991). On considère que la mise au point de nouvelles technologies informatiques, notamment la digitalisation des télécommunications, a eu une incidence profonde sur toute une gamme de produits et qu'elle a déclenché une multitude de nouvelles occasions d'affaires et de grappes d'innovations.

*Innovations ultérieures* : L'innovation est un processus cumulatif. L'un de ses avantages est le fait qu'il peut rendre possible l'élaboration ultérieure d'autres innovations. Les innovateurs de notre époque peuvent puiser dans le réservoir de connaissances que contient le stock existant d'innovations. Pour cette raison, on affirme souvent que les innovateurs «s'appuient sur les épaules de géants»<sup>4</sup>. L'avantage que les innovateurs actuels tirent des innovations du passé est une externalité en ce sens qu'aucun dédommagement ne doit être versé si les brevets sur l'innovation originale sont venus à échéance ou que l'innovation ultérieure est suffisamment nouvelle<sup>5</sup>.

Les avantages que retirent les inventeurs actuels de l'oeuvre des inventeurs du passé forment le noyau de modèles théoriques récents de la croissance endogène (Grossman et Helpman, 1991, chapitres 3 et 4). Selon le modèle des variantes, les hausses de dépenses cumulatives en R-D ont pour effet de réduire le coût des travaux actuels de R-D, ce qui maintient l'incitation à ajouter de nouvelles variantes. D'après le modèle de l'échelle de qualité, les efforts actuels visant à améliorer la qualité de la R-D s'ajoutent aux connaissances intégrées dans les produits existants, ce qui maintient l'incitation à investir dans l'amélioration de la qualité.

*Apprentissage, expérience et incubation* : Les employés d'organisations engagées dans des activités innovatrices peuvent acquérir des compétences ou des connaissances transférables dans le cours de leur emploi, ce qui augmente leur valeur auprès des concurrents et donc les salaires qu'ils peuvent demander. Ils peuvent aussi utiliser leurs compétences ou leurs connaissances pour lancer leur propre entreprise<sup>6</sup>. Dans la mesure où ces personnes n'ont pas versé d'indemnité à leur employeur pour l'acquisition de ces compétences ou de ces connaissances, elles recueillent des retombées positives. L'employeur peut manifestement être dédommagé. L'hypothèse normale est qu'un employeur qui a la réputation d'offrir des compétences précieuses et transférables a moins de difficulté que d'autres employeurs à recruter du personnel. De plus, il se peut que l'employeur qui joue le rôle d'«incubateur» soit en mesure de payer des salaires moins élevés ou d'attirer des travailleurs plus hautement qualifiés pour le même salaire. Dans ce cas, l'externalité potentielle est internalisée et aucune distorsion n'en découle. Grossman (1992) évalue la notion d'externalité

---

<sup>4</sup>Voir, par exemple, Scotchmer (1991).

<sup>5</sup>L'une des mesures de ce type de retombées d'une époque à l'autre est le nombre de citations dont un brevet fait l'objet. Ces références sont le reflet de la portée dans laquelle une invention brevetée est tirée des connaissances contenues dans des brevets antérieurs. Voir Caballero et Jaffe (1993).

<sup>6</sup>On désigne sous le nom d'incubateurs les entreprises au sein desquelles des compétences ou des connaissances transférables sont acquises par des gens qui les utilisent ensuite pour fonder de nouvelles entreprises.

émanant de la formation ou de l'incubation dans les termes suivants :

[...] des imperfections doivent exister dans les marchés du capital pour qu'une telle externalité se manifeste. Autrement, les travailleurs pourraient financer leur propre formation en acceptant des salaires moins élevés pendant leur période d'apprentissage. Ce n'est que dans le cas où le travailleur possède peu d'avoirs et une aptitude limitée à emprunter sur ses gains futurs qu'il ne voudra pas supporter le coût d'acquisition des compétences. Des imperfections de ce genre existent sans aucun doute sur les marchés du capital, mais de nombreuses données empiriques démontrent aussi que les travailleurs acceptent de faibles salaires pendant leurs premières années de travail en raison de leur productivité moins élevée (p. 110).

*Effets d'imitation* : Les premiers utilisateurs des technologies nouvelles ainsi que leurs inventeurs peuvent aussi faire l'objet d'imitation. Les premiers utilisateurs effectuent un investissement visant à évaluer les aspects économiques d'une technologie nouvelle et à solutionner les problèmes relatifs à son installation, à son intégration et à ses défauts initiaux. Dans la mesure où ces investissements ne sont pas propres à l'utilisateur, ceux qui adoptent une technologie à une date ultérieure pourraient être en mesure de tirer avantage de l'expérience acquise par les premiers utilisateurs. De nouveau, cette éventualité est fonction de la mesure dans laquelle les premiers utilisateurs pourront empêcher les connaissances précises qu'ils ont acquises de se diffuser à l'extérieur. Il peut s'agir d'une situation difficile à éviter puisque le simple fait de savoir qu'une autre entreprise a acquis une technologie donnée s'avère en soi un renseignement intéressant.

On a signalé que les effets d'imitation étaient une source de retombées positives pour les pays d'accueil d'investissements étrangers (McFetridge, 1994) ainsi qu'une source d'«externalité en matière de diffusion» (Stoneham, 1994). Le «resquillage» par les utilisateurs ultérieurs pourrait ralentir le rythme de diffusion des technologies nouvelles par rapport à leur taux idéal. Des imperfections compensatoires relatives au processus commercial et aux technologies des biens intermédiaires pourraient cependant se manifester. Premièrement, les fournisseurs de technologies nouvelles font de la publicité et il se peut que leur publicité soit trop abondante par rapport au niveau souhaitable. Deuxièmement, il se peut que les premiers utilisateurs obtiennent aussi un avantage stratégique sur leurs concurrents dans leurs propres marchés.

### ***Asymétries sur le plan de l'information***

Il y a asymétrie sur le plan de l'information lorsque les affirmations de l'une des parties dans une transaction possible ne peuvent pas être vérifiées aisément par l'autre partie. Les asymétries sur le plan de l'information constituent un fardeau, en général, pour les échanges sur le marché et, en particulier, pour les marchés de produits existants (dont les caractéristiques ne peuvent être vérifiées dans le cadre d'une inspection). Les asymétries sur le plan de l'information peuvent aussi être une entrave à la diffusion des technologies nouvelles dans la mesure où les acquéreurs éventuels peuvent sous-évaluer une innovation à moins ou jusqu'à ce qu'ils soient pleinement renseignés sur ses particularités. Toutefois, s'ils sont pleinement renseignés, ils

peuvent faire usage de la technologie en question sans devoir la payer<sup>7</sup>. Ce problème est atténué mais non complètement éliminé par les droits de propriété intellectuelle qui permettent à l'innovateur de divulguer l'existence d'une technologie nouvelle sans perdre le pouvoir d'empêcher les autres de l'utiliser<sup>8</sup>.

On a aussi soutenu que, dans certaines conditions, les asymétries sur le plan de l'information faussent le fonctionnement des marchés du capital. Dans ce cas, l'asymétrie tient au fait que les emprunteurs connaissent leurs caractéristiques sur le plan des risques (c'est-à-dire, la probabilité de manquer à leurs engagements) tandis que les prêteurs n'en savent rien. Cette situation crée des problèmes d'antisélection et de stimulants inversés.

Le problème de l'antisélection est le plus facile à saisir dans le contexte des marchés de l'assurance. À un niveau donné de prime d'assurance, les personnes qui savent qu'elles représentent des risques inférieurs à la moyenne, mais qui ne peuvent pas le démontrer de façon convaincante à leur assureur, pourront choisir de s'assurer elles-mêmes, tandis que les personnes qui savent qu'elles représentent un risque supérieur à la moyenne continueront de s'assurer. Il en résultera une détérioration au niveau de la qualité globale des risques mis en commun et les taux devront être augmentés pour que les assureurs puissent faire leurs frais. Des majorations successives des taux pourraient entraîner une autre détérioration de la qualité des risques mis en commun, de sorte qu'au bout du compte, le marché s'écroulerait.

Dans le contexte du marché des prêts, on a soutenu que l'antisélection pourrait provoquer un repli du barème d'offre de prêts, créant ainsi la possibilité qu'aucun taux d'intérêt ne réussisse à assurer un équilibre entre l'offre et la demande de prêts; il faudrait recourir à d'autres mécanismes de rationnement que les prix. Selon ce scénario, une hausse du taux d'intérêt sur les prêts pourrait inciter les emprunteurs dont les projets sont à faibles risques soit de s'autofinancer ou d'abandonner leurs projets. Les emprunteurs dont les projets comportent des risques plus élevés (ceux qui ont une probabilité plus élevée d'échouer) continueraient probablement à solliciter des prêts parce qu'ils n'auraient pas à acquitter les intérêts dans l'éventualité d'une faillite. Pour la

---

<sup>7</sup>Arrow (1992) a fait valoir cet argument lorsqu'il a écrit :  
[...] il y a un paradoxe fondamental au niveau de la demande d'information; sa valeur pour l'acheteur n'est pas connue jusqu'à ce qu'il possède l'information mais, à ce moment-là, il l'a en fait acquise sans en avoir payé le coût. Évidemment, si le vendeur pouvait conserver les droits de propriété dans l'utilisation de l'information, cela ne poserait pas de problème mais, étant donné le caractère incomplet du droit de propriété exclusive, l'acheteur éventuel fondera sa décision d'acquérir l'information sur deux critères non optimaux. Il pourra agir, par exemple, en se basant sur la valeur moyenne de l'information dans cette catégorie comme en témoigne l'expérience passée. Si un élément d'information donné a des valeurs différentes chez divers intervenants économiques, cette procédure aura pour effet de mener à une acquisition non optimale d'information à un prix donné ainsi qu'à une répartition non optimale de l'information acquise (p. 615).

<sup>8</sup>On peut considérer plusieurs caractéristiques des licences d'exploitation de brevets (redevances courantes, restrictions applicables au champ d'utilisation, etc.) comme étant des moyens de favoriser la diffusion tout en protégeant le caractère de propriété exclusive. Cet aspect n'a pas toujours été largement reconnu et nous en faisons une analyse plus poussée dans la section portant sur la propriété intellectuelle.

même raison, les emprunteurs pourraient gérer leurs opérations de façon plus risquée à des taux d'intérêt plus élevés. Il s'agit d'une situation de stimulants inversés.

Certains ont soutenu que des subventions au taux d'intérêt ou des prêts à des taux inférieurs à ceux du marché par des organismes publics auraient des effets favorables parce que cela permettrait de ramener les meilleurs risques sur le marché des prêts, mais le résultat en matière de rationnement n'est pas robuste. Il ne tient pas si des projets plus risqués ont des valeurs escomptées plus élevées (taux de rendement social); il ne tient pas non plus si les prêteurs établissent simultanément le taux d'intérêt et les garanties demandées (Bester, 1987). Le problème d'antisélection et de stimulants inversés peut aussi être atténué si le prêteur détient une participation dans l'entreprise de l'emprunteur. Les asymétries sur le plan de l'information peuvent elles-mêmes être réduites en donnant au prêteur un accès privilégié aux données financières de l'emprunteur.

L'impression demeure toutefois que ces correctifs peuvent être moins efficaces dans le cas du financement de l'activité d'innovation. La connaissance est un bien immatériel et ne peut pas servir aisément de garantie. Les asymétries sur le plan de l'information peuvent être plus difficiles à surmonter. La propriété intellectuelle peut jouer un rôle utile dans ce cas-ci<sup>9</sup>. Le rôle que d'autres modalités organisationnelles, telles que le *keiretsu* japonais, pourraient remplir a aussi été mentionné. Ces regroupements d'entreprises industrielles et d'institutions financières, reliées entre elles par une participation réciproque aux fonds propres, peuvent être mieux en mesure d'internaliser une part plus élevée des avantages provenant des activités innovatrices de leurs membres et ils peuvent aussi fournir à leurs institutions financières membres des données plus convaincantes au sujet des investissements qu'ils envisagent dans le domaine des innovations.

### **Les déficiences du secteur public : Les limites de l'intervention**

Les études sur les politiques publiques en matière d'innovation mettent l'accent sur les déficiences du marché. Les réalisations du marché sont souvent en-deçà et parfois bien en-deçà de l'idéal recherché. Mais l'idéal n'est pas une option<sup>10</sup>. Toutes les institutions humaines sont imparfaites. Des organisations et des structures non commerciales peuvent aussi être l'objet de déficiences. Les gouvernements ont aussi leurs propres imperfections (Henderson, 1977; Wolf, 1987; Krueger, 1990).

---

<sup>9</sup>On a soutenu, par exemple, qu'il peut être plus facile de négocier les modalités financement d'un transfert de technologie du secteur public pour mettre sur pied des entreprises si la technologie en cause est brevetée (allocution de M. Jon Sandelin, Office of Technology Licensing, Université Stanford, lors d'une conférence sur le transfert de technologie, tenue à l'Université Stanford en mars 1994).

<sup>10</sup>La comparaison entre des marchés imparfaits et un secteur public idéal et abstrait est connue comme étant l'approche Nirvana, une formulation que l'on doit à Demsetz (1969). Certains partisans de l'intervention gouvernementale vont même plus loin. Ils préconisent une intervention gouvernementale afin de corriger les déficiences du marché *théoriques*. L'utilisation du modèle de monopole simple en tant que fondement d'une politique antitrust en est un exemple.

Des tentatives visant à formuler des politiques publiques pour soutenir l'innovation devraient d'abord reconnaître que le «secteur public» et le «marché» constituent deux pôles différents. Les institutions varient en fonction des rôles respectifs qu'elles attribuent au secteur public et aux stimulants du marché. Deuxièmement, chaque ensemble de mécanismes institutionnels possède ses atouts et ses faiblesses. La tâche consiste à déterminer l'ensemble de mécanismes institutionnels qui se prête le mieux à solutionner le problème d'affectation des ressources auquel on est confronté.

L'intervention gouvernementale met en cause un processus de prise de décision tant à l'échelle politique que bureaucratique; il y a aussi de fortes raisons de croire que, dans de nombreuses circonstances, le processus politique et bureaucratique d'affectation des ressources a peu de chance de donner des résultats supérieurs à ceux du marché. En fait, dans le contexte de l'affectation des ressources, les résultats pourraient être de beaucoup inférieurs.

La théorie économique de l'influence des groupes d'intérêts, mise au point par Stigler (1971), Peltzman (1976) et Becker (1983, 1985), prévoit que des groupes d'intérêts constitués peuvent utiliser le système politique pour soutirer un surplus (des transferts) des segments de la société les moins bien organisés. C'est ce qu'on appelle aussi la recherche de la rente, qui a pour effet, dans l'ensemble, de réduire la richesse. On a pu déterminer qu'un certain nombre de politiques réglementaires poursuivent des objectifs de redistribution plutôt que d'amélioration de l'efficacité<sup>11</sup>. Certains indices laissent croire aussi que des préoccupations en matière de répartition ont influencé la mise en place de mesures visant à soutenir l'innovation. Nous présentons ci-après un examen plus poussé de cette question.

La théorie de l'influence des groupes d'intérêt n'écarte pas la possibilité que des politiques d'amélioration de l'efficacité puissent être adoptées. Des politiques qui permettent d'améliorer le sort de tous, ou de presque tous, sont attrayantes comme le sont aussi celles qui ont pour effet d'augmenter la richesse globale, mais qui sont désavantageuses pour les groupes les moins bien organisés. Mais même dans ce cas, le processus politique peut fausser sérieusement les décisions. Par exemple, les décideurs sur les marchés sont reconnus pour être impatientes. Les décideurs politiques peuvent être encore moins patients (Cohen et Noll, 1991b; Wolf, 1987). La nature des coalitions politiques et de l'évaluation des électeurs est telle que l'on ne peut pas s'attendre à ce que les décideurs politiques s'intéressent au long terme. Nous analysons de façon plus poussée ci-après les répercussions de cette situation.

La mise en oeuvre des décisions politiques relève des bureaucraties gouvernementales, qui poursuivent leurs propres objectifs. La poursuite de politiques visant à améliorer l'efficacité économique peut coïncider ou non avec l'intérêt personnel des bureaucrates. Leurs intérêts peuvent aussi s'harmoniser ou non à ceux des groupes d'intérêts politiques. Dans certains cas, l'intérêt personnel de la bureaucratie peut entrer en conflit avec les ambitions des groupes

---

<sup>11</sup>On trouvera un examen de cette question dans l'ouvrage de McFetridge et Lall (1991).

d'intérêts politiques sur le plan de la redistribution, tandis que, dans d'autres, il peut aller à l'encontre des politiques publiques axées sur l'amélioration de l'efficacité.

Des dispositions visant à accroître l'obligation des bureaucrates de rendre des comptes peuvent avoir pour effet de réduire tant la souplesse que la productivité des organismes publics voués à la recherche. Le Conseil consultatif national des sciences et de la technologie (1990, p. 25) a mis en relief un certain nombre de caractéristiques de la bureaucratie qui sont défavorables au maintien d'un environnement sain pour la recherche. Parmi celles-ci figurent les dispositions régissant la permanence d'emploi, la délimitation des fonctions, la marge de manoeuvre limitée en matière financière, le peu d'importance accordée au mérite et l'absence de droits de propriété.

Cohen et Noll (1991b) ont analysé l'incidence de l'activité de redistribution sur la gestion de six programmes de commercialisation de la R-D mis en place par le gouvernement américain. Ils ont conclu que les pressions en matière de redistribution ont eu pour effet de fausser les décisions de trois façons principales.

Premièrement, les projets n'ont pas permis d'explorer à leur début une gamme d'options technologiques suffisamment large. Une fonction essentielle de la recherche consiste à examiner des options et à éliminer celles qui ont peu de chance d'être fructueuses. Dans le cadre de ces projets, on a négligé d'étudier les options de façon satisfaisante parce que les commanditaires des projets favorisaient certaines technologies et que les détenteurs de brevets sur les technologies de substitution voulaient restreindre la concurrence à laquelle ils devaient faire face (1991b, p. 368).

Deuxièmement, le passage des projets de l'état exploratoire à l'étape de la démonstration et du prototype s'est fait trop rapidement. Des décisions prématurées furent prises au sujet du matériel et des installations, ce qui a eu pour effet d'engager le déroulement du projet sur une voie précise et de restreindre la mesure dans laquelle de nouvelles données pouvaient être prises en considération dans les projets. Deux raisons expliquent cette précipitation excessive. Premièrement, les coalitions politiques qui soutenaient ces projets avaient tendance à être fragiles. On peut réduire le degré de vulnérabilité à des revirements au niveau des appuis politiques en engouffrant rapidement des ressources dans les installations spécialisées ou le matériel. Il est plus facile de réduire les activités de recherche, ce qui les rend donc plus vulnérables. Ceux à qui le projet doit profiter ont avantage à prendre d'importants engagements irréversibles le plus tôt possible afin de protéger leurs intérêts. Deuxièmement, cet empressement s'explique aussi parce que la construction de matériel ou de prototypes permet aux législateurs de faire état d'avantages tangibles qu'ils ont contribué à distribuer aux électeurs :

Des considérations électorales incitent les politiciens à favoriser des programmes qui sont susceptibles de donner des résultats tangibles avant le déclenchement de l'élection suivante. Des projets importants et clairement identifiés répondent à cet impératif politique, non seulement parce qu'ils sont des signes évidents d'un rendement sur les dépenses publiques mais aussi parce que, contrairement à des activités de recherche antérieures, ils peuvent procurer aux électeurs des avantages qui vont au-delà de la visibilité politique (1991b, p. 370).

Troisièmement, les dépenses de projet ont eu tendance à s'effectuer à un rythme extrêmement rapide, puis à devenir instables par la suite. Il est difficile de comprimer le processus de recherche exploratoire; les résultats n'augmentent pas à un rythme proportionnel à celui des dépenses par période. Des coupures budgétaires exigent ordinairement que des ressources soient utilisées pour arriver à une nouvelle configuration des programmes. De plus, le savoir peut même se perdre après la fin des expériences et la dispersion du personnel. Ce cycle d'expansion et de contraction rapide s'explique encore par la fragilité des coalitions politiques qui appuient ces programmes<sup>12</sup>. Leurs partisans ont intérêt à dépenser les budgets le plus rapidement possible à la fois parce qu'ils prévoient que l'appui aux projets peut s'effriter ou qu'ils s'efforcent d'atteindre une visibilité politique et de se ménager ainsi des appuis. On peut donc rattacher la hâte et le manque de souplesse qui caractérisent la réalisation de ces programmes, ainsi que leur cycle d'expansion et de contraction rapide, à la fragilité des coalitions politiques qui les soutiennent.

Il est possible que l'on puisse éviter certaines déficiences des politiques publiques en modifiant le processus de prise de décision ou la nature de la participation de l'État. Dans d'autres cas, nous devons admettre tout simplement que, sans égard aux efforts déployés visant à structurer de façon judicieuse la participation du secteur public, il est peu probable qu'elle soit avantageuse; on devrait donc l'éviter. Ces questions font l'objet d'une analyse plus poussée dans la cinquième partie de cette étude.

### **L'évaluation par des pairs : Les institutions de science ouverte**

On a assisté au cours des années à l'évolution d'un ensemble d'institutions qui ont permis de réduire l'incidence exercée par le phénomène de la recherche de rente sur la répartition des budgets publics consacrés à la recherche scientifique. Ces institutions visent aussi à promouvoir la divulgation en temps opportun et la diffusion des résultats de la recherche financée par les fonds publics. Dasgupta et David (1994) utilisent l'expression «science ouverte» pour décrire l'activité scientifique gérée par ces institutions.

Le système de rétribution en régime de science ouverte est fondé sur la priorité d'une découverte. Ce système, en vertu duquel le gagnant recueille à peu près tous les honneurs, récompense la première personne qui fait une découverte scientifique et qui en présente un compte rendu public dans une forme vérifiable. Les gagnants reçoivent tout un éventail de récompenses, dont l'une est le financement de travaux de recherche futurs. Les perdants doivent se contenter de leur salaire d'enseignant. La publication des résultats de recherche élargit leur éventail d'applications, favorise une évaluation éclairée par des pairs et améliore leur fiabilité.

---

<sup>12</sup>Cohen et Noll (1991b, p. 372) soulignent que, de façon générale, les projets de R-D ont beaucoup de chance de faire l'objet d'un soutien politique instable. Étant donné qu'à un programme de R-D se rattache une gamme de résultats technologiques et commerciaux possibles, il est probable que ses répercussions en matière de répartition (soit, le fondement de son appui) se modifieront dans le temps. La coalition qui a appuyé son lancement peut s'effriter ou elle peut aussi être remplacée par un nouveau bloc qui lui donnera son appui.

L'évaluation par des pairs récompense les inventeurs sur la base de leur apport à la recherche courante; en d'autres termes, elle reflète un consensus sur la nature de conclusions qui sont susceptibles de mener d'autres chercheurs dans le domaine à faire des découvertes à l'avenir et à en réclamer la priorité. De plus, l'évaluation par des pairs de résultats scientifiques libère les scientifiques de la surveillance de leurs activités par des non-spécialistes et, dans une certaine mesure, soustrait l'affectation des ressources de recherche aux pressions en matière de redistribution exercées par le système politique.

Le système de rétribution en régime de science ouverte possède sa propre logique, ainsi que ses propres lacunes. L'accent mis sur la priorité d'une découverte favorise la course contre la montre, avec toutes les inefficacités que cela comporte. Cette approche favorise aussi la non-diffusion de découvertes intermédiaires qui pourraient venir en aide à d'autres personnes dans la course. Au lieu d'être codifiées et divulguées, ces connaissances conservent un caractère «privé» et implicite. Des découvertes intermédiaires et complémentaires peuvent toutefois être mises en commun ou échangées à l'intérieur de réseaux semi-privés. L'incitation à contribuer à ces réseaux repose sur la possibilité d'avoir accès à des réseaux futurs. L'incidence sur le plan de la réputation réduit l'incitation à tirer avantage indûment du réseau.



## **DEUXIÈME PARTIE**

### **DONNÉES EMPIRIQUES SUR LES EXTERNALITÉS**

#### **Taux de rendement privé et social sur des innovations de propriété exclusive**

##### *Études de cas*

L'écart entre les taux de rendement social et privé a fait l'objet de nombreuses tentatives d'estimation. Plusieurs méthodes ont été utilisées à cet effet.

Mansfield et coll. (1977) et Tewksbury et coll. (1980) ont calculé les taux de rendement privé et social d'«échantillons» de projets de R-D industrielle. Ces études tiennent compte tant des coûts en R-D que des bénéfices des imitateurs, ainsi que des économies réalisées par les utilisateurs (hausse du surplus du consommateur). Les auteurs des deux études ont conclu que les bénéfices des imitateurs dépassaient ordinairement leurs coûts en R-D (imitation) et que les utilisateurs réalisaient généralement une économie, de sorte que le taux de rendement social sur la R-D dépasse le taux de rendement réalisé par l'innovateur. Le taux médian de rendement social sur les 17 innovations analysées par Mansfield est de 56 p. 100, tandis que le taux médian de rendement privé s'établit à 25 p. 100.

Tewksbury et coll. ont examiné 20 innovations au niveau des procédés et des produits et ils ont calculé un taux médian de rendement privé de 27 p. 100 et un taux médian de rendement social de 99 p. 100; ces trois innovations affichaient un faible taux de rendement privé et un taux de rendement social élevé. Ces innovations furent avantageuses pour la société mais elles n'auraient pas été introduites si l'on avait pu prévoir leurs taux de rendement privé après adoption. Soulignons que, bien que Tewksbury et coll. aient utilisé un petit échantillon, ils ont conclu que l'existence d'une forte protection assurée par des brevets n'a pas eu pour effet de réduire l'écart entre les taux de rendement social et privé. Mansfield et coll. (1977, p. 160) ont tiré une conclusion semblable<sup>13</sup>.

Tewksbury et coll. ont aussi observé qu'un projet ayant un taux de rendement social négatif avait contribué à la réussite d'un autre projet. Ils ont souligné qu'il est difficile de répartir les avantages et les coûts entre des projets individuels lorsqu'il s'agit de projets successifs et que leurs effets sont cumulatifs. Cette conclusion illustre l'observation faite plus tôt à l'effet que

---

<sup>13</sup>Mansfield et coll. ont conclu que, compte tenu du coût d'imitation, l'écart entre les taux de rendement social et privé n'est pas fonction du fait qu'une invention soit brevetée ou non. Mais cet écart dépend du coût d'imitation; plus le coût d'imitation est faible, moins l'écart entre les taux de rendement privé et sociale est élevé. Cette observation soulève la question de savoir si l'existence d'un brevet a pour effet d'augmenter le coût d'imitation. Des travaux de recherche ultérieurs par Levin et coll. et par Mansfield indiquent que la présence d'un brevet a pour effet de majorer le coût d'imitation.

l'innovation est un processus cumulatif. Il se peut que le taux de rendement sur un segment précis du processus soit arbitraire.

Mansfield (1991) cite des résultats empiriques tirés d'un examen des avantages : des études de coûts liés à la création de 40 nouveaux produits, conjuguées à certaines autres études qu'il a lui-même effectuées, ont permis de calculer un rapport de plus de 8 à 1 entre les avantages retirés par les utilisateurs et les bénéfices bruts réalisés par les innovateurs. L'ampleur de l'excédent du taux de rendement social sur le taux de rendement privé calculé ici tient compte des bénéfices et des coûts en R-D des imitateurs qui ont réussi et de ceux qui ont essuyé un échec, ainsi que de toute perte de bénéfices subie par les producteurs de biens de substitution.

Bresnahan (1986) a calculé que l'augmentation du surplus du consommateur ou des retombées positives recueillies par les acheteurs de services financiers aux États-Unis (banque, assurance et courtage) pendant la période de 1958 à 1972 a été attribuable à l'introduction du macroordinateur polyvalent dans ces industries. Les retombées positives correspondent à l'augmentation du surplus du consommateur que les acheteurs de services financiers ont réalisée par suite de la baisse du prix corrigé en fonction de la qualité des macroordinateurs polyvalents utilisés par l'industrie des services financiers entre 1958 et 1972.

Bresnahan a calculé la baisse du coût de production des services financiers en 1972 à partir de l'écart observé entre 1972 et 1958 au niveau des prix corrigés en fonction de la qualité des macroordinateurs polyvalents. Si l'on suppose que les entreprises de services financiers agissent à titre d'agents pour leurs clients, il s'agit du supplément que les clients auraient été disposés à payer pour les services de macroordinateur polyvalent au-delà du prix qu'ils ont effectivement payé. Bresnahan conclut que les clients auraient été disposés à payer entre 225 et 417 millions de dollars en 1972 pour des services informatiques qu'ils ont pu se procurer en fait en versant une somme de 68 millions de dollars ) ce qui leur a permis de recueillir des retombées positives d'une valeur variant entre 150 et 350 millions de dollars.

Bresnahan n'a pas évalué les bénéfices réalisés sur les ordinateurs vendus à l'industrie des services financiers. Il faudrait ajouter ces bénéfices au surplus du consommateur pour calculer les avantages sociaux. Pour évaluer le taux de rendement social, il faudrait ensuite comparer les avantages sociaux aux coûts distribués au prorata de la R-D effectuée sur les macroordinateurs.

Dans une autre étude, Trajtenberg (1989, 1990) a conclu que le taux de rendement social de la R-D consacrée à l'amélioration de la technologie du catscan entre 1973 et 1982 s'établissait à 270 p. 100<sup>14</sup>. On a supposé que les avantages sociaux étaient constitués en totalité du surplus du

---

<sup>14</sup>Le ratio des avantages escomptés (au taux de 5 p. 100) aux coûts escomptés en R-D aux États-Unis s'établit à 69,2. Le ratio des bénéfices escomptés aux États-Unis aux coûts en R-D à l'échelle mondiale se situe à 37,3. Le premier ratio signifie qu'une dépense en R-D ayant une valeur actuelle d'un dollar a généré des avantages ayant une valeur actuelle de 69,30 \$. Calculée à un taux annuel de 5 p. 100, la somme de 69,20 \$ génère une rente perpétuelle de 3,46 \$ par année. On l'appelle aussi le *ratio de l'avantage-coût capitalisé*. On peut aussi le considérer comme un taux de rendement. En d'autres termes, 1 \$ en R-D génère 3,46 \$ en avantages chaque année à perpétuité. Il s'agit d'un

consommateur. Trajtenberg ne présente pas d'estimation du taux de rendement privé sur la R-D consacrée à la technologie du catscan. Il souligne toutefois que ce taux doit avoir été négatif pour la moitié des entreprises concernées puisque qu'elles ont essuyé des pertes sur leurs transactions de catscans (1990, p. 167).

Trajtenberg a calculé le taux de rendement social des *améliorations* apportées au catscan et non le taux de rendement attribuable à son *invention*. Pour évaluer le taux de rendement de l'invention, il aurait fallu déterminer l'écart entre la valeur des services diagnostiques dispensés au moyen du catscan et celle des rayons X classiques. Trajtenberg s'est plutôt employé à évaluer le surplus du consommateur pour les utilisateurs américains (c'est-à-dire les hôpitaux et les cliniques possédant des catscans aux États-Unis) attribuable à des améliorations qui ont été apportées au catscan après son lancement sur le marché, notamment au niveau de la durée de balayage, la qualité de l'image, la reconstruction et l'inclinaison du support mobile<sup>15</sup>.

Le cas de la tomographie par ordinateur est un exemple d'une situation où la recherche dans un domaine peut trouver des applications dans d'autres industries ou champs de technologie. L'inventeur, Geoffrey Hounslow, était un ingénieur à l'emploi de la société EMI, une entreprise britannique bien connue pour sa division de production de disques. La société EMI était aussi reconnue pour la qualité de ses recherches dans le domaine des communications et de l'électronique. Hounslow poursuivait des travaux dans le domaine général de l'identification d'images et de la mise en mémoire informatisée. Bien qu'il ne s'employait pas à mettre au point de nouvelles techniques diagnostiques, l'un des problèmes qui le préoccupait était la piètre qualité des images sur les pellicules radiographiques. Son hypothèse de travail était de remplacer la pellicule par du verre. Il a commencé ses travaux en 1967 et, en 1970, il installait un prototype de catscan dans un hôpital de Londres. La production du catscan sur une base commerciale a débuté en 1973.

Entre 1973 et 1978, 15 entreprises se lancèrent dans la production de cette technologie. La société EMI a maintenu une position dominante pendant les cinq premières années mais, en 1980, elle était sortie de la course. La société General Electric s'est implantée sur ce marché en 1976 et, au début des années 80, elle y avait acquis une position nettement dominante. En 1988, on comptait huit entreprises sur ce marché et elles affichaient toutes la même caractéristique d'avoir été des fournisseurs de la technologie classique des rayons X. La réussite commerciale reposait sur des complémentarités au niveau de la commercialisation (co-spécialisation des avoirs) et non sur un avantage technologique. Les catscans et les appareils de rayons X avaient la même

---

taux de rendement de 346 p. 100. Si l'on ajoute la R-D étrangère, le taux de rendement se situe à 187 p. 100. Le chiffre de 270 p. 100 cité dans le texte est la moyenne simple des deux taux. Ces résultats varient en fonction du taux d'escompte utilisé.

<sup>15</sup>On suppose que l'utilité d'un scanographe est fonction de ses caractéristiques et de son prix. On qualifie ce rapport de fonction d'utilité indirecte. Trajtenberg utilise une analyse logit multinomiale pour calculer les paramètres de la fonction d'utilité indirecte. Plus précisément, ces paramètres peuvent être dérivées à partir du rapport entre les parts de marché respectives et les caractéristiques et le prix (résiduel) de chaque type de scanographe.

clientèle (les radiologistes). Des points de vente et de service communs étaient une source d'économies et, à mesure que le rythme d'amélioration du produit s'est ralenti, ces avantages ont pris de l'importance.

Le rythme d'innovation du produit fut très rapide entre 1973 et 1980. Pendant cette période, le rendement s'est amélioré à un rythme allant de 500 à 5 000 p. 100, selon la dimension. Presque toutes les innovations étaient le fait d'entreprises déjà sur le marché. La recherche gouvernementale et universitaire était éparse et son incidence fut minime.

### *Résultats d'analyses économétriques*

Dans plusieurs études, les estimations du taux de rendement de la R-D reposent sur des échantillons de données tirées d'entreprises ou d'industries. Griliches (1991), Mairesse (1991), Mohnen (1992, 1992a) et Bernstein (1994) ont passé en revue les estimations des taux de rendement privés et social de la R-D contenues dans ces études. Les données à partir desquelles les taux de rendement furent calculés dans ces études provenaient d'un ensemble d'entreprises et d'industries à un point dans le temps, de données chronologiques sur une entreprise ou une industrie ou d'un regroupement de données chronologiques et en coupe transversale sur des entreprises ou des industries. Dans les cas où des données au niveau de l'entreprise sont utilisées, il est possible de calculer le taux de rendement privé (le taux de rendement obtenu par l'entreprise sur ses propres activités de R-D), les retombées à l'intérieur de l'industrie et les retombées entre les industries. Lorsque des données au niveau de l'industrie sont utilisées, le taux de rendement calculé sur la R-D s'applique à l'*industrie* et non à une *entreprise* en particulier. Ce taux de rendement pour l'industrie comprend le taux de rendement privé et les effets des retombées à l'intérieur de l'industrie<sup>16</sup>. L'ordre de grandeur du taux de rendement privé et des retombées à l'intérieur de l'industrie (des économies qui sont à l'extérieur de l'entreprise mais à l'intérieur de l'industrie) ne peut pas être évalué à partir de données au niveau de l'industrie, bien qu'on puisse le faire pour les retombées entre les industries<sup>17</sup>.

Les études statistiques se distinguent aussi sous trois autres angles importants : leurs hypothèses au sujet de la technologie de production de l'entreprise (des entreprises) ou de l'industrie (des industries) à l'étude; l'estimation ou non de l'incidence de la R-D sur les coûts ou la productivité; et les moyens en vertu desquels on suppose que la connaissance créée dans une entreprise ou une industrie se propage vers d'autres industries.

---

<sup>16</sup>Griliches (1991) souligne que, s'il y a des retombées positives à l'intérieur de l'industrie, les estimations du taux de rendement sur la R-D à l'échelle de l'industrie devraient avoir une valeur qui dépasse celle des taux de rendement calculés au niveau de l'entreprise. Il signale que ce phénomène ne s'observe pas de façon systématique et il attribue cela au fait que ces estimations ne tiennent pas compte de la dépréciation. Étant donné qu'il est probable que la R-D des entreprises devienne désuète plus rapidement que celle de l'ensemble de l'industrie, il est possible que le taux de rendement net au niveau de l'industrie soit encore plus élevé. Voir l'analyse de l'obsolescence présentée dans le texte.

<sup>17</sup> Il est manifeste qu'on ne peut en aucune façon évaluer les taux de rendement social et les retombées lorsque l'échantillon est constitué de données chronologiques portant sur une seule industrie ou entreprise.

Dans les premières études statistiques, on a fait appel à l'approche de la fonction de production fondée sur l'hypothèse que la technologie sous-jacente était du type Cobb-Douglas<sup>18</sup>. Mairesse (1991, tableau 4) a fait un relevé des taux de rendement sur la R-D calculés à partir de cette approche. Ils fluctuent entre -47 et 69 p. 100. Il s'agit de taux de rendement sur la «R-D directe».

Il convient d'apporter un certain nombre de réserves. Deux des plus importantes sont que ces estimations donnent des résultats différents selon qu'il s'agit de taux de rendement ou de taux de rendement excédentaire, ou selon que les calculs incluent ou excluent la dépréciation. Il est parfois difficile de distinguer entre le travail et capital utilisés dans la R-D et le travail et le capital utilisés dans la production. La R-D fait donc l'objet d'un double comptage dans certaines études et le rendement calculé sur la R-D est par conséquent interprété comme étant l'excédent du taux de rendement sur la R-D par rapport au taux de rendement sur le capital matériel. On suppose aussi que la connaissance se déprécie en ce sens que sa valeur diminue au fil des années<sup>19</sup>. Selon les études, les taux de rendement calculés peuvent inclure ou exclure la dépréciation. S'ils ne tiennent pas compte de la dépréciation, il faudrait les corriger à la baisse au moyen d'un taux de dépréciation annuelle des connaissances. La valeur précise de ce taux de dépréciation n'est pas connue avec certitude<sup>20</sup>.

Dans son ouvrage publié 1992 (tableau 1), Mohnen présente un résumé des estimations des taux de rendement sur la R-D indirecte ou sur les retombées de la R-D qu'il a tirées d'études fondées sur l'utilisation d'une fonction de production de type Cobb-Douglas. Il constate que ces

---

<sup>18</sup>L'hypothèse du modèle de Cobb-Douglas est très restrictive. Elle suppose que, sans égard à ce qui se produit au niveau des prix des facteurs, chaque facteur intervient pour une part constante du coût de production. L'estimation des modèles de Cobb-Douglas se fait soit en fonction des taux de rendement ou en fonction des élasticités. Un modèle de taux de rendement pourrait être exprimé sous la forme suivante :

$$\Delta TFP = a + b \text{ RF/Q} + c \text{ SF/Q}$$

où RF/Q est le rapport entre les dépenses annuelles en R-D *directe* et la production annuelle brute, SF/Q est le rapport entre les dépenses annuelles en R-D *indirecte* et la production brute, b est le taux marginal de rendement excédentaire sur le R-D directe et c est le taux marginal de rendement sur la R-D indirecte. Dans certaines circonstances, on peut interpréter le paramètre c comme étant l'écart entre le taux de rendement social sur la R-D et son taux de rendement privé, tandis que le somme de b + c peut être considérée comme étant le taux de rendement social sur le R-D.

<sup>19</sup>La connaissance ne fait généralement pas l'objet d'un déclin matériel. Les pesticides et les antibiotiques pourraient être un cas d'exception lorsque le développement de foyers de résistance a pour effet de rendre désuètes les technologies existantes (Pakes, 1993). De façon générale, la valeur des connaissances existantes diminue ou ces dernières deviennent moins utiles pour la création de connaissances nouvelles parce qu'elles sont supplantées par des connaissances plus avancées. Selon la terminologie de Caballero et Jaffe, il s'agit d'un phénomène d'*obsolescence des connaissances* qui, selon eux, se différencie de la *destruction créatrice* ou de l'obsolescence de la valeur, que les auteurs définissent comme étant la baisse de la valeur des produits qui contiennent des connaissances dépassées.

<sup>20</sup>À partir de données sur des références aux brevets, Caballero et Jaffe (1993) ont calculé que le taux de dépréciation des connaissances se situait entre 6 et 7,5 p. 100.

taux varient entre 0 et 1 200 p. 100. Ces études diffèrent aussi à d'autres égards. La différence la plus importante tient aux hypothèses concernant les mécanismes par l'intermédiaire desquels une industrie ou une entreprise tire avantage de la R-D disponible ailleurs. Griliches (1991) et Mohnen (1992a) résument ces hypothèses dans les termes suivants :

- *Mécanisme de transmission non précisé* : Les stocks ou les courants de R-D provenant d'autres entreprises ou d'autres industries apparaissent dans le modèle sous forme de variables explicatives. Aucune pondération n'est imposée. Les pondérations sont tirées du processus d'estimation.
- *Les retombées font partie intégrante des facteurs intermédiaires* : On suppose que l'importance de la R-D de la  $j^{\text{ième}}$  industrie pour la  $i^{\text{ième}}$  industrie est proportionnelle aux achats faits par la  $i^{\text{ième}}$  industrie auprès de la  $j^{\text{ième}}$  industrie.
- *Les retombées suivent la même tendance que celle de l'origine et de l'utilisation des brevets* : Les brevets sont attribués par les examinateurs de brevets à une industrie qui est la plus susceptible de fabriquer le produit breveté et aux industries qui sont les plus susceptibles d'utiliser le produit en question. L'importance de la R-D de la  $j^{\text{ième}}$  industrie pour la  $i^{\text{ième}}$  industrie se mesure à partir du ratio entre la proportion de produits brevetés susceptibles d'être fabriqués par  $j$  et susceptibles d'être utilisés par  $i$ , et la proportion de produits brevetés susceptibles d'être produits par  $j$ .
- *Situation dans l'espace technologique* : On suppose que des entreprises se situeront dans le même «espace technologique» et qu'elles bénéficieront alors vraisemblablement de leurs activités respectives de R-D si leurs brevets se classent dans les mêmes catégories de brevets.

Les auteurs d'un ensemble plus récent d'études économétriques se sont intéressés aux effets de la R-D sur les coûts<sup>21</sup>. Mohnen (1992, tableaux 2 et 3) et Bernstein (1994, tableaux 2.1-2.3) donnent un aperçu des résultats de ces études. Certaines d'entre elles utilisent des hypothèses moins restrictives sur la technologie de production sous-jacente que celles des modèles du type Cobb-Douglas. Les auteurs ont conclu que, dans bien des cas, les hypothèses restrictives des modèles de type Cobb-Douglas ne sont pas fondées, ce qui remet en question les conclusions contenues dans plusieurs études élaborées à partir des hypothèses de ces modèles. Néanmoins, les commentateurs continuent de citer ces études antérieures et d'en tirer des conclusions générales au sujet des taux de rendement social et de l'écart entre les taux de rendement privé et les taux de rendement social.

---

<sup>21</sup>Manifestement, on peut utiliser des fonctions de coût pour analyser l'incidence de la R-D sur la productivité et des fonctions de production pour étudier les effets de la R-D sur les coûts. La théorie de la dualité nous indique qu'il s'agit de représentations différentes du même phénomène.

Les estimations des taux de rendement privé et social tirées des études résumées par Mohnen et Bernstein varient considérablement, en fonction du modèle précis utilisé et du niveau d'agrégation. Bien que les définitions des taux de rendement privé et social utilisées dans ces études ne soient pas les mêmes, leurs résultats indiquent de façon générale que le rendement social est plus élevé que le rendement privé. Griliches (1991) résume son analyse des résultats économétriques et des études de cas dans les termes suivants :

En dépit de difficultés méthodologiques, nous disposons d'un nombre important d'études raisonnablement bien faites qui renferment des conclusions du même ordre : la R-D génère des retombées, l'ordre de grandeur de ces retombées peut être très considérable et les taux de rendement social atteignent des niveaux sensiblement plus élevés que ceux des taux de rendement privés (p. 23-24).

## **La R-D subventionnée par l'État**

### *La R-D dans le secteur agricole*

L'appui apporté par le gouvernement fédéral à la R-D dans le secteur agricole remonte à la création de fermes expérimentales en 1886. Parmi les premières réalisations du réseau des fermes expérimentales figurent le développement du blé marquis et la diffusion des techniques de jachère, qui ont eu pour effet d'augmenter le taux de rendement de l'exploitation en culture sèche dans les provinces des Prairies. Fowke (1946) souligne toutefois que les techniques d'exploitation en culture sèche et les variétés de blé appropriées se seraient de toute façon propagées au Canada en provenance des États des Prairies. Le réseau des fermes a tout simplement permis d'accélérer ce processus.

Plusieurs études contiennent des estimations du taux de rendement social de la R-D agricole du Canada, notamment le taux de rendement social du développement du canola (colza) (Nagy et Furtan, 1984), les taux de rendement social et privé sur des travaux conjoints de R-D visant à améliorer les propriétés de l'orge de malterie (Ulrich, Furtan et Schmitz, 1986) et les taux de rendement social de la recherche sur les bovins de boucherie (Widmer, Fox et Brinkman, 1988), de la recherche sur les moutons (Harbasz, Fox et Brinkman, 1988) et de la recherche sur les pondeuses (Haque, Fox et Brinkman, 1989)<sup>22</sup>.

Ulrich et coll. ont conclu que les recherches entreprises par le gouvernement fédéral et plusieurs universités, et financées par certains producteurs de bière et de maltage, ont eu pour effet d'augmenter le rendement et d'améliorer les propriétés de l'orge de malterie cultivée au Canada. Un déplacement vers le haut des courbes d'offre tant de l'orge de malterie que de l'orge fourragère s'est traduit par une réduction des prix et une augmentation des quantités

---

<sup>22</sup>Palda (1993, p. 195-196) analyse les études qui contiennent des estimations du taux de rendement sur le développement du colza et du canola, ainsi que des projets de R-D de propriété exclusive financés par le gouvernement. Il présente une mise à jour des estimations de Lerner (1987) au sujet du taux de rendement sur les investissements en R-D du réacteur nucléaire CANDU (1993, p. 176-190). Les estimations de Lerner ne tiennent pas compte des avantages sociaux attribuables aux technologies dérivées.

consommées, entraînant ainsi une augmentation du surplus du consommateur (producteurs de malt, brasseries, propriétaire de parcs d'engraissement) et du surplus du producteur (producteur d'orge). Cet accroissement simultané du surplus du consommateur et du producteur est connu en économie agricole comme étant l'avantage annuel brut de la recherche (AABR). En se fondant sur les résultats d'autres études de la R-D dans l'industrie agricole, on peut supposer que l'AABR se manifeste avec un retard de sept ans et qu'il faut engager des dépenses de «soutien» afin de le maintenir<sup>23</sup>. Le taux d'escompte qui permet de rendre égale à zéro la différence entre les flux des AABR et des coûts en R-D est le taux de rendement social. Selon les calculs et la terminologie d'Ulrich et coll., le taux de rendement public sur les dépenses gouvernementales se situe entre 31 et 50 p. 100.

Widmer et coll. ont calculé des estimations du taux de rendement des dépenses du gouvernement fédéral consacrées à la recherche sur les bovins de boucherie. Ils ont utilisé à cette fin la technique des AABR, en vertu de laquelle l'AABR se limite aux variations des surplus des consommateurs et des producteurs canadiens. Les auteurs ont évalué l'effet des dépenses fédérales en R-D sur la courbe d'offre canadienne de bovins en les incorporant à titre d'élément dans une équation économétrique de l'offre de bovins. Ils ont aussi inclus les dépenses du gouvernement américain consacrées à la recherche sur les bovins de boucherie ainsi que les dépenses provinciales pour l'enseignement et les cours d'extension. Ils ont conclu que les dépenses fédérales du gouvernement canadien avaient pour effet de provoquer un déplacement de la courbe d'offre vers le haut dans un délai allant de 4 à 16 ans, mais que les dépenses pour la recherche aux États-Unis et les dépenses provinciales consacrées aux programmes d'extension n'avaient aucun effet. Ils ont calculé que le taux marginal de rendement interne de la recherche sur les bovins atteignait 63 p. 100 lorsque le fardeau excédentaire du transfert est exclu des calculs et 59 p. 100 lorsqu'un fardeau excédentaire de 20 p. 100 est inclus.

Harbasz et coll. ont évalué l'AABR des dépenses fédérales du gouvernement canadien consacrées à la recherche sur les moutons, en maintenant constants les effets de la recherche américaine et provinciale sur les moutons, ainsi que les programmes d'extension et les niveaux de scolarité. Ils ont conclu que la recherche fédérale avait pour effet de déplacer la courbe d'offre vers le haut dans un délai allant de trois à six années. Ils ont aussi constaté que les dépenses provinciales consacrées à la recherche et aux programmes d'extension avaient un effet statistiquement significatif, tandis que les dépenses de recherche aux États-Unis et les niveaux de scolarité ne comportaient aucun effet statistiquement significatif. Harbasz et coll. ont calculé que le taux marginal de rendement interne des dépenses fédérales consacrées à la recherche sur les moutons atteignait 24,4 p. 100 s'il n'y a pas de fardeau excédentaire et de 20,4 p. 100 si le fardeau excédentaire équivalait à 20 p. 100 des dépenses de recherche.

Haque et coll. ont évalué l'AABR des dépenses du gouvernement fédéral consacrées à la

---

<sup>23</sup> Il s'agit d'une autre façon de dire que la valeur d'une innovation diminue au fil du temps. On suppose généralement que les taux de décroissance se situent aux environs de 15 p. 100 par année. Ce phénomène d'obsolescence réduit la période de temps au cours de laquelle la rentabilité d'une entreprise peut être attribuée à une innovation originale.

recherche sur les pondeuses, en maintenant constantes les dépenses consacrées à la recherche sur les oeufs par le gouvernement américain et les gouvernements provinciaux. Ils sont arrivés à la conclusion que les dépenses fédérales de recherche avaient pour effet de déplacer la courbe d'offre vers le haut dans un délai allant de trois à huit ans. La recherche américaine sur les oeufs a aussi pour effet de provoquer un déplacement vers le haut de la courbe d'offre canadienne, ce qui indique que la recherche internationale dans ce domaine a un effet de retombée ou de débordement au Canada, selon l'expression utilisée par les auteurs. Les estimations de l'ordre de grandeur de l'AABR sont fonction des hypothèses retenues concernant le marché des oeufs. Si la production est assujettie à des contingents, le déplacement de l'offre attribuable aux effets de la recherche entraînera une réduction des coûts mais sans augmentation de la production. Si le contingentement n'exerce pas un effet contraignant, l'AABR comprendra un effet d'expansion de la production dont l'ordre de grandeur sera fonction de la mesure dans laquelle l'office de commercialisation aura réussi à maintenir le prix au-dessus du coût marginal. Les auteurs ont calculé que, dans le contexte d'un effet contraignant exercé par les contingents et d'une courbe d'offre linéaire, le taux marginal de rendement interne de la recherche fédérale sur les pondeuses atteint 91,2 p. 100 s'il n'y a aucun fardeau excédentaire. Fox, Haque et Brinkman (1990) ont admis par la suite qu'ils avaient surestimé l'AABR parce que l'ordonnée à l'origine de leur courbe d'offre avait une valeur négative pour une partie de la période d'échantillon<sup>24</sup>. Ils ont ensuite recalculé l'AABR en imposant une contrainte pour éviter que l'ordonnée à l'origine de la courbe d'offre n'ait une valeur négative; ils ont alors obtenu un taux marginal de rendement sur la recherche fédérale sur les pondeuses d'une valeur de 77,8 p. 100.

Griliches (1991, tableau 2) a préparé un résumé des estimations des taux de rendement social sur les dépenses publiques consacrées à la R-D dans le secteur agricole aux États-Unis. Ces taux comprennent les suivants : maïs hybride (1958), 35 à 40 p. 100; sorgho hybride (1958), 20 p. 100; volaille (1967), 21 à 25 p. 100; récoltes (1990), 45 à 62 p. 100; élevage (1990), 11 à 83 p. 100; ensemble du secteur (1990), 43 à 67 p. 100.

### ***R-D en infratechnologie***

Les infratechnologies comprennent des données scientifiques évaluées, des techniques de mesures et d'essai, ainsi que des méthodes et des procédés techniques (par exemple, des techniques de calibrage). Les infratechnologies ont pour effet d'accroître la productivité tant de la recherche que de la production et de réduire aussi les coûts de transaction sur les marchés. On a défini les infratechnologies de la façon suivante :

[...] des mesures de haute précision et des données scientifiques et techniques structurées et évaluées sont indispensables pour comprendre, représenter et interpréter les conclusions pertinentes de la recherche. Les notions et les techniques de mesure et d'essai permettent aussi de mettre en place des contrôles des procédés pour obtenir des niveaux de qualité et de précision plus élevés à des coûts de production moindres. Enfin, les

---

<sup>24</sup>Si l'ordonnée à l'origine de la courbe d'offre a une valeur négative (c'est-à-dire, si elle est au-dessous de l'axe horizontal pour certains niveaux de production), l'AABR est confiné à la surface délimitée par la courbe d'offre applicable à la période qui a précédé la recherche et l'axe horizontal pour ces niveaux de production.

infratechnologies donnent accès aux acheteurs et aux vendeurs à des méthodes mutuellement acceptables et peu coûteuses qui leur permettent de s'assurer que des niveaux de rendement précisés sont respectés lorsque des produits technologiquement perfectionnés sont mis sur le marché (Tassey, 1992, p. 100).

Avantage social : Link (1991, 1992a, 1992b) a effectué une analyse des coûts de développement d'infratechnologies telles que la mise au point de normes d'électromigration pour les semi-conducteurs, de normes pour les fibres optiques et de normes de compatibilité électromagnétique. Les travaux de recherche nécessaires pour la mise au point de ces normes furent financés par la *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Parmi les avantages qui résultent de la disponibilité de ces normes figurent des économies réalisées en matière de coûts de négociation, de passation de contrats et de règlement de conflits, ainsi que des économies au niveau des coûts de fabrication et de la recherche universitaire. Les personnes qui ont participé aux enquêtes faites auprès des utilisateurs de ces normes ont indiqué de façon générale que la mise au point de ces normes par la NIST avait contribué à réduire leurs coûts, mais il leur a été difficile de donner un ordre de grandeur de la réduction des coûts et de préciser la mesure dans laquelle une réduction de coût donnée était attribuable aux recherches sur les normes financées par la NIST.

L'avantage net attribuable à la mise au point de normes se mesure par la différence entre les économies réalisées par l'industrie (vendeurs et acheteurs) et par les chercheurs universitaires et les coûts de développement des normes. Link a calculé les taux de rendement interne suivants :

- ◆ 117 p. 100 sur la mise au point de normes d'électromigration pour les semi-conducteurs
- ◆ 423 p. 100 sur l'élaboration de normes pour les fibres optiques
- ◆ 266 p. 100 sur les normes de mesure des champs électromagnétiques

Ces taux de rendement font état d'une utilisation efficiente des ressources qui furent consacrées à la mise au point de ces normes.

Il reste deux autres questions à considérer : l'appui financier du gouvernement était-il nécessaire pour entreprendre ces travaux de recherche? La participation du gouvernement aux travaux de recherche était-elle nécessaire?

La première question a trait à l'effet d'entraînement. Laisée à elle-même, l'industrie aurait-elle entrepris de disséminer ces normes? Aurait-il fallu plus de temps pour développer ces normes? Auraient-elles été aussi utiles? Il pourrait ne pas être dans l'intérêt d'une entreprise de mettre au point des normes qui profitent tant à ses acheteurs qu'à ses concurrents. Il faudrait fournir un effort collectif, ce qui pourrait soulever des problèmes. Cela pourrait nécessiter le partage de renseignements commercialement précieux avec des acheteurs et/ou des rivaux<sup>25</sup>, ou

---

<sup>25</sup>Un des participants à l'enquête dans l'industrie des semi-conducteurs a déclaré ce qui suit : «Nous pouvons aborder [avec la NIST] les questions extrêmement épineuses en raison de leur caractère de propriété exclusive que soulèvent les problèmes de la qualité du métal et leur solution éventuelle dans le cadre de l'application des normes de l'industrie sans courir le risque que d'autres entreprises soient mises au courant de nos problèmes» (Link, 1992,

des divergences de vues pourraient survenir en ce qui concerne les normes proprement dites. Les normes peuvent comporter un effet d'exclusion et générer ainsi des avantages commerciaux sans avantage social correspondant. Par conséquent, selon leur situation au sein de l'industrie, les entreprises en place peuvent ne pas s'entendre sur la nature des normes requises ou elles peuvent s'entendre sur l'adoption de normes qui sont préjudiciables à l'accès possible de nouvelles entreprises au marché. En somme, la situation qui prévaut sur le marché peut faire en sorte que l'élaboration de normes se fasse plus rapidement avec un soutien financier de l'État. Les normes qui sont mises au point peuvent être plus socialement avantageuses si l'État participe à leur établissement. Link arrive à la conclusion que c'est effectivement ce qui se produit.

Il est possible que la participation de l'État à l'établissement de normes accélère le processus et donne des résultats plus socialement avantageux, mais il ne s'ensuit pas nécessairement que l'État doive entreprendre lui-même les travaux de recherche requis. La R-D peut être confiée à des sous-traitants. Ce choix est fonction de la mesure dans laquelle on peut trouver un groupe désintéressé pour entreprendre les travaux de R-D, ce qui dépend, en retour, de la portée des économies de diversification au sein de l'industrie en cause. Si ces économies sont importantes, la centralisation de la R-D présentera des avantages. Il faut ensuite se demander si la ou les unités centralisées peuvent agir dans l'intérêt de l'ensemble de l'industrie ou si elles sont reliées commercialement à un segment de l'industrie. Un organisme de recherche public ou semi-public peut réaliser des économies de diversification dans le domaine de la R-D, tout en étant sans lien de dépendance à l'égard des intérêts exclusifs d'entreprises individuelles ou de segments de l'industrie. À ce titre, un organisme public pourrait être fort bien placé pour entreprendre des travaux de recherche objectifs à partir desquels on pourra élaborer des normes.

### ***La R-D commerciale financée par l'État***

#### *États-Unis*

Cohen et Noll (1991) présente un compte rendu d'évaluations économiques de plusieurs projets du gouvernement américain visant à développer des innovations technologiques commerciales pour le secteur privé. Dans certains cas, ils font aussi état de résultats d'analyses avantages-coûts. Les projets suivants furent évalués :

- le transport supersonique
- le programme de satellite de télécommunications spécialisé (STS)
- la navette spatiale
- le réacteur surgénérateur de Clinch River
- la fabrication de combustibles synthétiques à partir du charbon
- le programme de commercialisation du procédé photovoltaïque

Sauf pour le programme de STS, on considère que tous les autres programmes furent des

échecs.

En se fondant sur une analyse avantages-coûts rétrospective, on peut considérer qu'un seul programme ( les activités de la NASA dans le domaine du développement de satellites de communications ) a atteint ses objectifs et valait la peine d'être entrepris. Mais ce programme fut abandonné parce qu'il entraînait en conflit avec des impératifs politiques plus importants que le perfectionnement de la technologie commerciale. Le programme consacré au procédé photovoltaïque fit des progrès considérables, mais il fut l'objet de coupures draconiennes qui n'avaient rien à voir avec ses réalisations. Les autres programmes furent des échecs à peu près complets (Cohen et Noll, 1991b, p. 365).

Cohen et Noll considèrent le programme de STS comme une réussite :

Le programme de STS a ouvert la voie à la nouvelle technologie des satellites. Aucune évaluation du programme n'a jamais été faite et, dans un sens, il aurait été superflu de le faire. Une évaluation sociale devrait se pencher sur la question de savoir si ce programme devait être entrepris par le gouvernement : si l'industrie était en mesure de réaliser le programme au départ, le gouvernement n'aurait pas dû y consacrer des efforts comme il l'a fait. Nous n'apportons pas ici de réponse à cette question mais, dans une perspective plus étroite, les résultats de l'évaluation sont manifestes. Les travaux effectués sur les cinq premiers satellites menèrent à la création de plusieurs industries et à la mise au point d'innovations dans le domaine des satellites de communications dont la valeur atteint des milliards de dollars. Même si seulement deux satellites ont fonctionné comme prévu, la valeur de l'expérience acquise justifiait sans doute l'investissement consacré au projet (1991b, p. 165).

L'effet d'entraînement est manifestement une question à considérer. L'appui du gouvernement a-t-il permis la «création» de plusieurs industries ou a-t-il tout simplement contribué à accélérer leur création? La simple création d'une nouvelle industrie n'accroît pas nécessairement le surplus et elle peut même le réduire si elle enlève des clients à d'autres industries où des ressources sont déjà engagées. Sur le plan conceptuel, une nouvelle industrie ne se distingue en aucune façon d'un nouveau produit. Le résultat est avantageux seulement s'il entraîne une augmentation nette du surplus des consommateurs et des producteurs. À cette fin, au moins certaines des conditions suivantes doivent se réaliser :

- les consommateurs peuvent se procurer des produits de meilleure qualité ou à meilleur compte que ceux offerts par les industries existantes;
- les entreprises nouvelles font des bénéfices supérieurs à ceux des industries existantes;
- les travailleurs utilisent des compétences (et sont rémunérés en conséquence) qu'ils n'utilisaient pas auparavant.

On a aussi tendance à soutenir que, lorsqu'un projet ou un programme contribue à la création d'une nouvelle entreprise ou d'une nouvelle industrie et qu'il y a une augmentation du surplus des consommateurs et des producteurs, cette hausse devrait être attribuée en permanence au projet ou au programme qui en est responsable au départ. Mais cette argument ne tient pas. Les rentes attribuables à la R-D originale diminuent au fil des années et elles tendront vers zéro en l'absence de dépenses supplémentaires en R-D. La période de temps au cours de laquelle des avantages peuvent être attribués à un projet original est donc limitée.

*Royaume-Uni*

Henderson (1977) présentent les résultats d'une analyse avantages-coûts détaillée de deux projets majeurs de R-D entreprise par le gouvernement britannique, le concorde et le réacteur haute température à gaz. Henderson a calculé les coûts cumulatifs de ces deux projets au 31 mars 1976. Les dépenses passées sont exprimées en dollars constants et cumulées en supposant des taux d'escompte de 10 et de 4,5 p. 100. Dans le cas du concorde, l'auteur calcule aussi la somme escomptée des coûts et des revenus prévus à compter de 1976. Ces coûts comprennent des frais supplémentaires de conception et les pertes d'exploitation de British Airways. Les revenus prévus sont fonction des ventes à des transporteurs étrangers. Les résultats des calculs de l'auteur donnent une *perte* nette pour le programme de 2 320 millions de livres à un taux de 10 p. 100 et de 1 670 livres à un taux de 4,5 p. 100.

Henderson a ensuite considéré les éléments externes et immatériels qui se rapportent au projet du concorde. Du côté des avantages, il a tenu compte des facteurs suivants : les effets sur la balance des paiements, la création d'emplois, les écarts entre les prix du marché et les coûts d'option sociale, les retombées de la R-D et le prestige national. Il soutient à juste titre que les effets sur la balance des paiements et la création d'emplois sont simplement des exemples d'écarts entre les coûts privés et sociaux. Il conclut que l'effet sur la balance des paiements est négatif (un coût net en devises étrangères avec une prime de 20 p. 100 sur les devises étrangères) et que le projet n'a pas procuré d'emplois à des personnes qui, autrement, auraient été en chômage. (Cette situation se distingue de celle qui aurait résulté de la décision d'abandonner le projet, laquelle aurait comporté certains coûts d'adaptation.) Sur le plan des retombées techniques, l'auteur a supposé qu'elles n'étaient pas importantes en termes absolues et qu'elles étaient encore plus limitées si l'on tient compte des retombées qui auraient pu provenir d'autres projets de R-D. L'auteur a donc attribué au projet un crédit annuel d'un million de livres pour les retombées techniques et un crédit forfaitaire de 10 millions de livres pour le prestige national.

Les éléments externes considérés sur le plan des coûts sont les suivants : les bangs supersoniques, le bruit des moteurs, la consommation d'énergie élevée, le luxe injustifié, la destruction de la couche d'ozone et le coût des droits de survol. Henderson a rejeté à juste titre comme étant des éléments non pertinents les coûts du carburant et le luxe injustifié. Les coûts du carburant font déjà partie des pertes d'exploitation. Le coût du luxe est soit payé par les passagers (réduisant ainsi les pertes d'exploitation) ou il ne l'est pas, auquel cas on le considère comme un élément du surplus du consommateur (c'est-à-dire, un crédit accordé au projet). L'auteur a considéré que le bruit des moteurs, les bangs supersoniques et la destruction de la couche d'ozone étaient des facteurs dont il fallait tenir compte; il a supposé qu'aucun dommage à la couche d'ozone et qu'aucun bang supersonique ne se produiraient en *Grande-Bretagne* et que les inconvénients attribuables au bruit des moteurs équivaldraient à une somme de 2 millions de livres par année. Afin de permettre au concorde de survoler d'autres pays, la Grande-Bretagne a dû accorder des droits d'atterrissage supplémentaires à Londres, réduisant ainsi les bénéfices de British Airways. Il s'agit d'un transfert dans une perspective planétaire mais d'un coût annuel de 3 millions de livres dans une perspective britannique. L'effet net de tous les éléments immatériels et

facteurs externes équivaut à une somme négative de 30 millions de livres en valeur actuelle.

En ce qui concerne le réacteur haute température à gaz, Henderson a comparé le courant d'avantage net à celui qui aurait été réalisé en vertu d'un programme traditionnel de réacteur à eau légère. Sans égard aux externalités, il a calculé que la *perte* nette du programme était de 2 100 millions de livres à un taux de 10 p. 100 et de 1 640 millions de livres à un taux de 4,5 p. 100.

### ***Bilan de la R-D financée par le secteur public***

Des données empiriques indiquent que les taux de rendement des activités gouvernementales de R-D dans l'industrie agricole et le secteur de l'infrastructure ont été excellents. Ce genre de R-D met ordinairement l'accent sur des problèmes propres à l'ensemble de l'industrie et ne confère généralement pas d'avantages exclusifs à des entreprises individuelles. Par conséquent, le choix de projets est moins influencé par la recherche de rentes que ce n'est le cas du soutien accordé à la R-D exclusive, ce qui a pour effet de favoriser un esprit de collaboration éclairée mais désintéressée sur le plan financier. Nelson (1991) a mis en relief cette question et le conseil de la compétitivité (*Council on Competitiveness*, 1991) l'a réitérée dans le cadre de ses revendications visant à appuyer la *R-D préconcurrentielle*. Les résultats de la R-D préconcurrentielle peuvent être partagés entre les concurrents et s'accompagner de distorsions mineures attribuables à la rivalité commerciale<sup>26</sup>.

Le dossier de la R-D exclusive financée par l'État est beaucoup moins impressionnant. L'orientation est souvent assujettie à des conditions de redistribution et il est difficile de trouver un éventail d'opinions éclairées et désintéressées. De plus, les structures organisationnelles et les systèmes de stimulants des ministères et des sociétés d'État ne se prêtent tout simplement pas à la réalisation ou au soutien d'activités commerciales de R-D.

Certains des problèmes les plus sérieux sont survenus dans le secteur de l'énergie nucléaire et il est tentant de les considérer comme un cas isolé. L'observation des faits tant en Grande-Bretagne qu'au Canada (Lerner, 1987) indique que la R-D en matière de réacteur nucléaire a été un très piètre investissement. L'expérience canadienne dans d'autres domaines de la R-D de l'industrie de l'énergie, y compris la transmission de l'énergie électrique et la récupération du pétrole brut, a donné des résultats plus favorables (McFetridge, 1987). De nouveau, ces projets ont eu tendance à se caractériser par des possibilités d'application de leurs résultats à l'ensemble de l'industrie.

### **Incidence industrielle des retombées**

Mohnen tire un ensemble de conclusions générales provenant de résultats d'analyses

---

<sup>26</sup>Il n'est pas facile de tracer une frontière entre la R-D préconcurrentielle et la R-D exclusive. Ce tracé est fonction de la portée et de la nature de l'interaction concurrentielle entre les utilisateurs possibles et de leurs caractéristiques technologiques respectives (voir Cohen, 1993).

économétriques sur les caractéristiques des retombées de la R-D, notamment :

- Les retombées interindustrielles positives proviennent d'un nombre relativement limité d'industries (niveau de désagrégation à deux chiffres);
- Les réseaux de retombées interindustrielles sont étroits, ne mettant en cause qu'un nombre limité d'industries d'accueil pour chaque industrie de départ;
- L'incidence des retombées interindustrielles est plus élevée que celle des retombées intrasectorielles;
- L'incidence des retombées intrasectorielles tend à être plus élevée dans les industries à plus forte intensité en R-D;
- L'incidence des retombées intersectorielles tend à être plus élevée dans les industries à moins forte intensité en R-D;
- Les taux de rendement social sur la R-D financée par le secteur privé peuvent dépasser les taux de rendement social de la R-D financée par le secteur public<sup>27</sup>;
- Les taux de rendement social sur la recherche fondamentale peuvent dépasser les taux de rendement social de la recherche appliquée;
- Les retombées et les activités indirectes de R-D sont parfois un substitut ou un complément à la R-D entreprise directement par le récipiendaire.

En se fondant sur les travaux de Bernstein, Mohnen a conclu que parmi les industries (à un niveau de désagrégation à deux chiffres) à l'intérieur desquelles les retombées intérieures positives de la R-D sont les plus élevées figuraient les suivantes : les métaux primaires, le matériel non électrique, les produits chimiques, les produits du pétrole, les produits en caoutchouc et les matières plastiques. Ces conclusions sont susceptibles de changer considérablement à la lumière de données sur les retombées intérieures de la R-D étrangère et les retombées à l'extérieur de la R-D canadienne.

L'utilisation des références aux brevets comme mesure des retombées a permis de mieux comprendre le phénomène de leur incidence. La diffusion de la R-D brevetée des grandes sociétés est proportionnellement *moins* élevée (degré plus élevé de propriété exclusive) que celle de la R-D brevetée des universités et des petites sociétés<sup>28</sup>. La R-D brevetée des universités tend à avoir

---

<sup>27</sup>Poole et Bernard (1990) ont conclu que des augmentations du stock de R-D dans le secteur de la défense (stock d'innovations militaires) avaient pour effet de réduire la croissance de la productivité totale des facteurs ( $\Delta TPF$ ) dans les industries de l'aérospatiale, de la construction de navires, de l'électronique et des produits chimiques. Ils se sont exprimés en ces termes :

[...] l'utilisation de la production militaire comme instrument de développement économique ou de rétribution politique peut avoir des effets néfastes sur le dynamisme économique des industries concernées. [...] Les dépenses du Canada consacrées à la défense jouent un rôle important au niveau du développement industriel et régional par le biais d'effets compensatoires, d'avantages industriels et de prêts et subventions accordés en vertu du Programme de productivité de l'industrie du matériel de défense (PPIMD) et, à l'occasion, elles font l'objet d'ingérence politique. Ces éléments peuvent expliquer leur incidence négative sur la productivité totale des facteurs (p. 13).

<sup>28</sup>Trajtenberg et coll. définissent le degré de propriété exclusive en se fondant sur la proportion des références ou de citations faites par un intervenant à ses propres brevets. Par conséquent, une proportion plus élevée des citations des

une diffusion plus vaste (en terme de secteurs industriels) que celle de la R-D brevetée des sociétés. La R-D brevetée des universités est plus importante (un nombre plus élevé de citations directes et indirectes dans d'autres brevets ainsi qu'un nombre plus élevé de bénéficiaires des retombées) que la R-D brevetée des sociétés (Trajtenberg, Henderson et Jaffe, 1992).

La portée des retombées positives est aussi fonction des particularités de la technologie, des caractéristiques de l'entreprise dans laquelle elle est mise au point et du régime existant de droits de propriété. Levin et coll. ont conclu que les technologies qui se prêtent à la rétroingénierie sont particulièrement exposées à l'action des imitateurs (voir le tableau 1). Que ce soit par l'intermédiaire de la rétroingénierie ou d'autres moyens, les technologies nouvelles deviennent connues des imitateurs possibles plus rapidement dans certains industries que dans d'autres. Des sondages effectués par Mansfield (1985) révèlent que l'incidence de cette sorte de fuite est particulièrement prononcée dans les industries des instruments, du matériel électrique, et de la pierre, de l'argile et du verre (tableau 2).

Les retombées positives des technologies génériques peuvent aussi être relativement importantes. Les technologies génériques comprennent des concepts, des composants, des procédés ou des recherches portant sur des phénomènes scientifiques qui peuvent s'appliquer à une vaste gamme de produits et de procédés.

**Tableau 2**  
**Proportion des entreprises**  
**où la technologie s'est propagée**  
**dans les 12 mois**

**Industrie**

**Produit**

**Procédé**

---

grandes sociétés se rapportent à leurs propres brevets.

Produits chimiques	54	00
Produits pharmaceutiques	71	33
Pétrole	55	60
Métaux primaires	60	80
Produits électriques	88	28
Machines	62	30
Matériel de transport	75	67
Instruments	88	66
Pierre, argile, verre	100	20
Autres	45	27
Moyenne	70	41

*Source:* Mansfield (1985, Tableau II).

Les technologies génériques peuvent ouvrir la voie à d'autres innovations ou à des recherches qui aboutissent à des innovations dans un large éventail d'industries. Toutefois, ce qui constitue une technologie générique est susceptible de varier d'une industrie à l'autre. Dans les industries fondées sur les sciences comme celle des produits pharmaceutiques, des activités de recherche fondamentale peuvent être à l'origine de technologies génériques. Dans les industries de la fabrication telles que l'électronique, il est plus probable que les technologies génériques mettent en cause le développement de procédés et de matériaux (*Council on Competitiveness*, 1991).

En ce qui concerne les caractéristiques des lignes d'activités commerciales, les entreprises à l'intérieur desquelles des actifs «co-spécialisés», telles que la réputation, l'accès au marché et les connaissances opérationnelles, jouent un rôle important sont moins vulnérables aux tentatives d'imitation. Les types d'exploitations qui se caractérisent par des courbes d'apprentissage sont aussi moins vulnérables, sauf s'il y a propagation des effets des connaissances. La protection accordée par les brevets prévient ou du moins ralentit les possibilités d'imitation des innovations mais il se peut que ce genre de protection ne réduise pas leurs retombées positives dans la même mesure que le maintien du secret complet aurait pu le faire.

### **Les retombées sont-elles en baisse?**

On s'est beaucoup préoccupé ces dernières années du fait que la productivité des ressources consacrées à l'innovation (productivité de la R-D) soit en baisse. Cette appréhension est surtout liée à la baisse générale observée du rapport des brevets à la R-D dans les pays et les

industries, à une diminution de l'effet estimatif de la R-D sur la croissance de la PTF (coefficient b mentionné dans la note 18) et une baisse de l'intensité avec laquelle les cohortes les plus récentes de brevets sont citées (Evenson, 1993; Griliches, 1994; Cabalero et Jaffe, 1993)

Certains chercheurs accordent peu d'importance à la baisse du rapport entre les brevets et la R-D. Par exemple, Trajtenberg (1990) considère les brevets comme une matière première qui entre dans le processus d'innovation et non comme un produit du processus, de sorte que, selon lui, le rapport entre les brevets et la R-D n'est pas un indicateur de la productivité des innovateurs. Griliches (1994) soutient que la baisse du rapport des brevets à la R-D *formelle* n'est pas un phénomène nouveau et ne peut en aucune façon être considérée comme un indice d'une diminution de la *valeur* des innovations par unité d'effort innovateur, entendue dans son sens large.

Evenson (1993) ne conteste pas le fait qu'il y a eu une diminution du rythme de délivrance de brevets mais il soutient que cette observation n'est pas suffisante pour expliquer la majeure partie de la baisse du ratio des brevets à la R-D. La thèse d'Evenson fait appel à d'autres indices qui montrent que la productivité de la R-D a diminué. Un exemple à cet égard est la conclusion de Hall (1993) qui indique que l'appréciation du marché boursier au sujet de la R-D a fait l'objet d'une chute précipitée pendant les années 80. L'incidence de la R-D sur la croissance de la PTF a diminué aussi pendant les années 80, bien que Griliches attribue cette baisse en bonne partie à une erreur de mesure.

Evenson conclut qu'il y a eu une diminution de la productivité de la R-D et il propose deux explications à ce phénomène qui, dans les deux cas, reposent sur l'hypothèse que le stock de connaissances publiques ou de données scientifiques disponibles contient un nombre déterminé d'idées ou de possibilités d'invention<sup>29</sup>. Selon la première explication, une augmentation de la demande d'inventions a eu pour effet d'attirer des ressources supplémentaires dans le domaine de l'invention, de sorte qu'un plus grand nombre d'inventeurs sont à l'oeuvre et puisent à même un stock donné de connaissances scientifiques. La baisse du ratio des brevets à la R-D ou de celui des brevets au nombre de scientifiques et d'ingénieurs serait donc le reflet du fonctionnement de la loi des proportions variables ou de la productivité marginale décroissante.

Selon la seconde explication, le stock des possibilités d'inventions a été exploité et il n'a pas été regarni ou reconstitué. De nouveau, l'impact de la loi des proportions variables fait que la productivité de la R-D est appelée à diminuer.

Evenson en vient à la conclusion que la croissance de la demande d'innovations est l'explication la plus vraisemblable. Kortum (1993) se dit d'accord avec ce point de vue, bien qu'il considère que la croissance de la demande ne soit pas une explication suffisante. Mais on laisse

---

<sup>29</sup>Cette approche peut être rattachée au débat entourant les questions de l'«attrait du marché» et la «poussée technologique». Au centre de ce débat figure la question de savoir si le rythme d'innovation est gêné par une absence de connaissance scientifique de base (voir Rosemberg, 1982).

ainsi sans réponse la question de savoir pour quelles raisons le stock des possibilités d'inventions a été exploité et comment il pourrait être reconstitué.

## **L'aspect géographique des retombées**

### *Les économies d'agglomération locale*

La notion d'économie externe est connue depuis Marshall et Pigou. Des économies externes se manifestent lorsque l'expansion d'une industrie a pour effet de réduire les coûts de toutes les entreprises au sein de l'industrie. Des déséconomies externes se produisent lorsque l'expansion d'une industrie a pour effet d'augmenter les coûts de toutes les entreprises faisant partie de l'industrie.

On suppose souvent que les économies et les déséconomies externes sont propres à un emplacement, d'où les expressions «économies» et «déséconomies d'agglomération». Mais ce n'est pas nécessairement le cas. En fait, l'incidence géographique des économies et des déséconomies externes n'est pas très bien comprise.

L'analyse de Krugman (1991) portant sur les sources des économies d'agglomération se fonde sur les travaux de Marshall, qui fait état de trois sources d'économies d'agglomération :

- ◆ les économies liées au réservoir de main-d'oeuvre
- ◆ les économies liées à l'offre de facteurs de production spécialisés
- ◆ les retombées technologiques

Une question clé pour le Canada consiste à se demander si les retombées technologiques sont une source importante d'économies d'agglomération. Si elles le sont, il faudrait alors analyser les systèmes d'innovations dans leur contexte régional ou même local, au lieu de le faire à l'échelle nationale. De plus, il serait peu vraisemblable dans un tel cas que des systèmes d'innovation viables ou des grappes propices à l'innovation puissent voir le jour dans les nombreuses petites collectivités géographiquement éloignées du Canada<sup>30</sup>. La localisation des retombées technologiques pourraient aussi réduire les avantages que retirent les entreprises établies au Canada des activités qui se déroulent dans divers centres des États-Unis. Les entreprises établies au Canada pourraient ne pas être en mesure d'«exploiter» le système d'innovation des États-Unis à titre de partenaire égal<sup>31</sup>.

---

<sup>30</sup>Lacroix et Martin (1987) ont conclu qu'il est peu probable que des grappes viables et propices à l'innovation puissent émerger dans des zones métropolitaines de moins de 400 000 habitants.

<sup>31</sup>Porter (1991) soutient que les entreprises établies au Canada seront probablement dans une situation continuellement désavantageuse à cet égard. Il cite les contrastes que l'on peut observer entre Seattle et Vancouver au niveau de leur mode de développement comme preuve à l'appui de ses arguments. Si les retombées sont confinées à un endroit précis, l'aptitude des entreprises établies au Canada à soutenir la concurrence est déterminée par le «losange» canadien, que Porter juge imparfait à bien des égards, et non par le losange nord-américain.

Krugman cite les travaux de Marshall pour définir la nature des avantages liés au réservoir de main-d'oeuvre. Selon Marshall (1964, p. 255-226) :

De nouveau, sauf pendant les premières étapes du développement, une industrie établie à un endroit tire de grands avantages du fait qu'elle constitue un marché permanent pour des travailleurs qualifiés. Les employeurs sont disposés à s'établir à tout endroit où ils auront des chances de trouver un bon choix de travailleurs possédant les compétences spécialisées dont ils ont besoin; par ailleurs, les travailleurs en quête de travail se rendent aux endroits où de nombreux employeurs sont à la recherche du type de compétences qu'ils possèdent et où ils trouveront donc probablement un bon marché. Le propriétaire d'une usine située dans un endroit isolé, même s'il a accès à une offre abondante de travailleurs non spécialisés, a souvent beaucoup de difficulté à recruter certains travailleurs spécialisés.

Les avantages d'un réservoir de main-d'oeuvre tiennent au fait qu'il y a une corrélation moins que parfaite au fil du temps des besoins en main-d'oeuvre des employeurs. Étant donné cette corrélation imparfaite, certains employeurs traverseront de «bonnes périodes» et devront donc embaucher des travailleurs supplémentaires au moment où d'autres employeurs feront face à des «temps difficiles» et devront licencier des travailleurs. Ces chocs positifs et négatifs sur l'emploi ont tendance à s'annuler; si le marché du travail est suffisamment important, il ne se produit aucune variation aléatoire au niveau de l'emploi global.

Évidemment, si les salaires sont souples et qu'ils s'ajustent pour assurer un équilibre sur le marché du travail, le niveau de l'emploi ne sera pas tenu de varier. Dans ce cas, les économies liées au réservoir de main-d'oeuvre prendront une dimension différente. On peut facilement démontrer qu'il est plus avantageux pour les entreprises (et que les travailleurs ne sont en aucune façon pénalisés) de payer un salaire stable aux travailleurs au lieu de leur verser des taux de salaire qui varient mais qui affichent la même moyenne<sup>32</sup>.

À l'aide d'un modèle simple dans lequel les entreprises et les travailleurs doivent choisir un seul emplacement sur une possibilité de deux, Krugman (1991, p. 41-43) démontre que les avantages d'un réservoir de main-d'oeuvre auront pour effet de mener à un équilibre en vertu duquel toutes les activités de production seront situées au même endroit<sup>33</sup>.

Au sujet des économies liées à l'offre de facteurs de production spécialisés, Marshall s'est exprimé dans les termes suivants :

[...] l'utilisation économique de machines coûteuses peut parfois atteindre un très haut niveau dans une région où la production du même type atteint un niveau global important, bien qu'aucune immobilisation individuelle dans le secteur ne soit très élevée. Les industries auxiliaires qui se consacrent chacune à un petit segment du processus de production et s'emploient à répondre aux besoins de plusieurs de leurs homologues, sont en mesure d'assurer une utilisation régulière des machines les plus hautement spécialisées et de faire en sorte qu'elles fassent leurs frais, bien que leur coût d'acquisition puisse avoir été élevé et leur taux d'amortissement très rapide

---

<sup>32</sup>Voir Currie, Murphy et Schmitz (1971) et les références ci-dessous.

<sup>33</sup>En obligeant les entreprises à choisir un seul endroit, cela revient à supposer que des économies d'échelle, donc un avantage, se rattachent à concentrer la production en un seul endroit.

(p. 225).

Donc, plus le marché est vaste, plus il sera en mesure de soutenir des fournisseurs de facteurs de production spécialisés<sup>34</sup>. Encore une fois, un certain caractère d'indivisibilité est essentielle au chapitre des facteurs de production spécialisés car, dans le cas contraire, même un niveau de demande très minime serait suffisant pour soutenir un fournisseur spécialisé. Des économies au niveau de l'offre de facteurs spécialisés se réaliseront à un endroit donné (c'est-à-dire qu'ils résulteront en des économies d'agglomération) si les coûts de transport des facteurs intermédiaires ne sont pas trop faibles par rapport à ceux des produits finis. Si les coûts de transport des facteurs intermédiaires sont relativement faibles, les fournisseurs spécialisés pourront alors desservir leur clientèle à partir d'un grand nombre d'endroits; il n'y aura donc aucun avantage précis à s'installer à des endroits où se trouvent des marchés importants.

Au sujet des retombées technologiques, Marshall a fait les observations suivantes :

Lorsqu'une industrie a choisi de s'installer à un endroit, elle y demeurera probablement longtemps; il y a de grands avantages pour les personnes qui travaillent dans les mêmes spécialités à s'installer dans le même voisinage. Les mystères du métier s'estompent; c'est comme s'ils flottaient dans l'air, et les enfants se familiarisent avec plusieurs d'entre eux sans le réaliser. Le bon travail est apprécié comme il se doit et le bien-fondé d'inventions et d'améliorations aux machines, aux procédés et à l'organisation générale de l'entreprise fait l'objet d'un examen sans délai. Si un employé propose une idée nouvelle, elle est reprise par ses collègues, qui y ajoutent leurs propres suggestions; elle devient donc une source supplémentaire d'idées nouvelles. Des entreprises auxiliaires s'établissent dans le voisinage pour assurer l'approvisionnement en équipement et en matériaux, organiser des réseaux de transport et contribuer ainsi à bien des égards à édifier l'économie de la région (p. 225).

Porter (1990, p. 154-157) souligne l'importance des économies d'agglomération comme source d'avantage concurrentiel à l'échelle internationale; il estime que ces avantages proviennent des trois sources citées par Marshall, mais il met l'accent sur les retombées technologiques :

Une concentration [géographique] de concurrents, de clients et de fournisseurs aura pour effet de stimuler l'efficacité et la spécialisation. *Mais, ce qui importe davantage, c'est l'incidence de la concentration géographique sur le progrès et l'innovation* (italique ajouté). Des rivaux établis à proximité l'un de l'autre auront tendance à se concurrencer de façon vigilante et acharnée. Les universités établis près d'un groupe de concurrents auront plus de chance de noter la présence de l'industrie, d'en percevoir l'importance et d'agir en conséquence. Par ailleurs, les concurrents seront probablement incités davantage à financer et à soutenir les activités des universités locales. Les fournisseurs implantés dans la région avoisinante seront mieux en mesure de maintenir un dialogue soutenu et de collaborer avec l'industrie dans le cadre de ses efforts de R-D. Des clients avertis établis dans le voisinage offrent les meilleures occasions de stimuler les échanges d'information, d'établir un dialogue soutenu sur le plan de l'émergence de technologies et de besoins nouveaux, et d'exiger une performance excellente au niveau des produits et des services. La concentration géographique d'une industrie sert de pôle d'attraction pour attirer des personnes talentueuses et d'autres éléments connexes. [...]

La proximité a pour effet d'accentuer la concentration d'information, augmentant ainsi la probabilité qu'elle attire l'attention et suscite des réactions. La proximité accélère le rythme de circulation de l'information à l'intérieur

---

<sup>34</sup> Stigler fait appel au même raisonnement pour servir de fondement à une théorie de la désintégration verticale. Selon son modèle, l'expansion du marché permet l'arrivée de fournisseurs *indépendants* de facteurs de production spécialisés.

d'une industrie nationale et le rythme de diffusion des innovations. Du même coup, elle tend à restreindre la diffusion de l'information vers l'extérieur parce que les communications (telles que des rencontres personnelles) se font par des moyens qui ne se prêtent qu'à une propagation lente de l'information. [...] Le processus d'agglomération et d'interaction entre les industries au sein d'une grappe fonctionne au mieux lorsque les industries concernées sont concentrées dans le même espace géographique (p. 157).

Il est difficile de déterminer si la proximité rend la concurrence plus «vigilante et plus acharnée». Porter cite toutefois un argument théorique plausible qui expliquerait pourquoi la proximité géographique pourrait stimuler la coopération technologique : les possibilités de comportement opportuniste sont peut-être moins grandes lorsque les deux parties à une entente sont établies dans la même collectivité. Il en est ainsi pour plusieurs raisons. Certaines forces contraignantes peuvent entrer en jeu, telles qu'une participation commune à des organisations communautaires. Les asymétries sur le plan de l'information peuvent être moins prononcées parce que les parties peuvent observer les opérations de l'autre à des coûts peu élevés. Les parties peuvent aussi faire face à des conditions locales similaires, ce qui rend moins coûteuse la vérification des affirmations au sujet de conditions imprévues. Les gains provenant de la redistribution des rentes peuvent aussi être moindres (c'est-à-dire, si les parties utilisent les mêmes fournisseurs et s'alimentent au même réservoir de travailleurs spécialisés et de fournisseurs de facteurs intermédiaires).

Krugman est à juste titre sceptique au sujet de l'importance des retombées locale de la technologie. Il n'existe que peu de preuves empiriques à cet effet. Marshall soutient que ces retombées «flottent dans l'air». L'argument éclectique de Porter repose sur la disponibilité d'un réservoir de main-d'oeuvre professionnelle, d'une offre de facteurs intermédiaires spécialisés (y compris la présence de services de recherche offerts par des universités locales) et sur l'importance de rapports personnels et d'observations directes sur le plan des transferts d'information.

Plusieurs, voire la plupart des industries concentrées géographiquement ne sont pas à haute intensité de technologie<sup>35</sup>. Porter énumère les industries italiennes suivantes comme faisant partie de celles qui sont concentrées géographiquement : meuble, maçonnerie, joaillerie, textiles de laine, préparation des aliments, machines de conditionnement, machines de préparation des aliments, bottes de ski, machines-outils à bois, vêtements de tricot, tuiles de céramique, appareils d'éclairage, acier et matériel d'automatisation des usines (1990, p. 155). Cette énumération donne à penser que ces industries tirent avantage d'économies liées au réservoir de main-d'oeuvre ou à l'approvisionnement en facteurs intermédiaires spécialisés, et non à des retombées technologiques. Krugman soutient que la raison d'être de la route 128 et de la *Silicon Valley* (les exemples les plus souvent cités d'économies d'agglomération dans le secteur de la haute technologie) repose davantage sur les économies d'échelle liées au réservoir de main-d'oeuvre spécialisée qu'aux retombées technologiques.

---

<sup>35</sup>Solway a analysé le quartier de la haute couture à Toronto. À son avis, les économies d'agglomération sont attribuables en partie à la possibilité de rapports d'affaires personnels entre les spécialistes qui offrent des services personnalisés. Une collaboration horizontale est favorisée par le caractère différencié des produits finals. Pour cette raison, les entreprises individuelles ne se perçoivent pas comme de proches concurrents.

Les observations empiriques sur la nature des rapports entre les entreprises de haute technologie établies dans les mêmes secteurs géographiques sont tirées d'études de parcs scientifiques ou technologiques qui sont ordinairement situés près d'une université ou d'un centre de recherche important. La prolifération des parcs scientifiques se fonde sur l'hypothèse que la proximité géographique est nécessaire pour stimuler les courants technologiques et une collaboration mutuelle :

La proximité géographique aurait pour effet de stimuler les courants d'information scientifique et technologique et la création d'un réseau de collaborateurs entre les différents locataires des parcs scientifiques. Les entreprises sur place jouiraient d'un accès privilégié à une main-d'oeuvre hautement spécialisée sous forme d'étudiants diplômés et de chercheurs universitaires. Donc, l'une des hypothèses fondamentales pour justifier le nombre croissant de parcs scientifiques est qu'il est avantageux pour l'industrie de haute technologie de s'établir près d'une université à cause des possibilités accrues qu'offre un tel emplacement sur le plan de l'information, de la collaboration et du recrutement (Van Dierdonck, Debackere et Rappa, 1991, p. 111).

Une conclusion commune se dégage des diverses études portant sur les parcs scientifiques, à savoir que l'implantation dans un parc scientifique ne stimule pas sensiblement les échanges technologiques soit avec l'université voisine ou avec les autres locataires du parc scientifique (Van Dierdonck et coll., p. 111)<sup>36</sup>. On apporte plusieurs raisons pour justifier cette conclusion. Premièrement, la technologie provient d'une multitude de sources, dont certaines peuvent être éloignées et d'autres peuvent être locales, sans provenir nécessairement du parc. Même si l'expertise technologique nécessaire est disponible dans un parc scientifique, l'expertise commerciale pourrait ne pas l'être. Deuxièmement, les réseaux personnels peuvent avoir un caractère spatial ou professionnel (ou les deux). Les réseaux professionnels n'ont pas de frontière géographique; les rapports reposent sur une formation ou des liens communs et non sur la proximité géographique. Les rencontres en tête à tête ne sont pas nécessaires.

D'autres études ont abouti à des conclusions compatibles avec la présence d'économies d'agglomération dans les parcs *industriels*. Par exemple, Rauch (1993) cite plusieurs études qui indiquent que les prix des terrains dans les parcs industriels aux États-Unis se sont accrus beaucoup plus rapidement que ceux des terrains avoisinants. L'auteur conclut que :

L'interprétation la plus vraisemblable des hausses spectaculaires du prix des terrains dans ces études de cas semble être [...] que les locataires plus récents doivent payer pour le privilège de profiter des économies d'agglomération à mesure que le nombre d'entreprises augmente dans le parc, permettant ainsi aux promoteurs de recouvrer les coûts qu'ils ont absorbés en subventionnant les premiers locataires (1993, p. 858).

La nature de ces économies d'agglomération n'est pas précisée. Elles peuvent être attribuable à l'offre de services aux entreprises, mais elles ont probablement peu à voir avec les retombées technologiques.

---

<sup>36</sup>Kennedy et Florida (1994, tableau 7) ont tiré des conclusions différentes pour le Japon. Ils ont observé que la proximité des universités était le deuxième facteur (sur 14) en importance qui contribuait à déterminer l'emplacement des installations de recherche des entreprises, alors la proximité des laboratoires gouvernementaux se classait au cinquième rang.

Jaffe, Trajtenberg et Henderson (1993) présentent des preuves empiriques à l'appui des retombées technologiques locales, fondées sur la répartition géographique des références faites aux brevets. Un brevet existant est cité dans une demande de brevet si le demandeur a utilisé les données qu'il contient pour sa propre invention. Comme le demandeur n'est pas tenu de dédommager les détenteurs des brevets cités pour les données qui en sont tirées, il s'agit d'une retombée positive pour le demandeur. Les auteurs ont examiné si la probabilité d'être cité était fonction de la proximité géographique du demandeur du brevet dans lequel se trouve la citation. Leur méthode consiste à comparer les fréquences respectives selon lesquelles un échantillon de brevets cités provient de la même zone géographique (pays, État, SMSA) que<sup>37</sup> :

- (a) les brevets qui leur font référence; et
- (b) les brevets analogues qui ne leur font pas référence<sup>38</sup>.

Les auteurs résument leurs résultats dans les termes suivants :

Dans le cas des citations se rapportant à 1 989 brevets accordés en 1980, *on observe une nette tendance sur le plan de la localisation à l'échelle du pays, de l'État et des SMSA* (italique ajouté). Il est de cinq à dix fois plus probable que les citations proviennent de la même SMSA que celle des brevets analogues (de contrôle), et de deux à six fois plus probable si l'on exclut les autoréférences. Il est de trois à quatre fois plus probable qu'ils proviennent du même État que celui du brevet original, et à peu près deux fois plus probable si l'on exclut les autoréférences. Près de 60 p. 100 des brevets de contrôle sont d'origine intérieure, tandis que 79 à 75 p. 100 des citations et 69 à 70 p. 100 des citations à l'exclusion des autoréférences sont d'origine intérieure. Après exclusion des autoréférences, les universités et les entreprises affichent à peu près le même pourcentage de citations d'origine intérieure; au niveau des États et des SMSA, on observe une faible corrélation qui indique que les citations de brevets universitaires sont moins localisées. En ce qui concerne les citations de brevets de 1975, la même tendance, quoique moins prononcée, se dégage des citations de brevets des universités et d'autres sociétés. Pour ce qui est des [brevets des] très grandes sociétés, on n'observe aucun indice de localisation à l'échelle de l'État ou du pays, bien qu'à la fraction des SMSA se rattache un taux de localisation élevé (1993, p. 591).

Selon l'interprétation qu'ils rattachent à leurs résultats, Jaffe et coll. concluent qu'un inventeur a une probabilité plus élevée de tirer avantage des travaux de ses prédécesseurs s'ils habitent dans la même collectivité. L'avantage de la proximité géographique s'estompe toutefois au fil du temps. L'un des corollaires de cette analyse est que l'observation directe ou les contacts personnels accélère le rythme de diffusion des connaissances.

D'après une autre interprétation des résultats de Jaffe et coll., on peut soutenir qu'il est plus probable que les inventeurs cités et ceux qui les citent habitent dans la même collectivité pour des raisons qui ne sont pas liées aux retombées dont, entre autres, les économies qui se rattachent à un réservoir de main-d'oeuvre professionnelle. Il est possible que les inventeurs ayant les mêmes antécédents et les mêmes intérêts aient plus de chance de s'établir dans la même région

---

<sup>37</sup>SMSA signifie une zone statistique métropolitaine normalisée.

<sup>38</sup>Un brevet analogue fait partie de la même catégorie de brevets et comporte la même année de demande que le brevet dans lequel il est cité.

géographique pour des motifs de stabilité d'emploi; il se peut donc que ce soit des intérêts communs, et non les avantages liés à l'observation, qui les incitent à se citer plus fréquemment les uns et les autres.

Dans la mesure où les résultats de Jaffe et coll. ne mettent pas en cause des retombées technologiques localisées, ils n'appuient pas l'argument à l'effet que les retombées découlent d'une concentration de lignes précises d'activités commerciales. Les auteurs ont observé que l'incidence de la localisation des citations de brevets à l'intérieur de la même catégorie n'était pas plus élevée que celle de la localisation des citations de brevets d'autres catégories. Par conséquent, la proximité géographique ne stimule pas l'imitation en soi. Les économies d'agglomération technologique observées par les auteurs sont indépendantes non seulement de l'entreprise mais aussi de la ligne de produits, ou même de l'industrie. Il semble que l'aptitude à innover soit stimulée par la présence d'autres entreprises innovatrices, sans égard au fait que leurs activités soient étroitement reliées<sup>39</sup>.

Une interprétation semblable se dégage d'une étude réalisée par Jaffe (1989), à savoir que les différences entre les États sur le plan des activités des sociétés en matière de brevets étaient fonction des dépenses en R-D connexes à la technologie effectuées par les universités dans l'État. Jaffe a observé que cette incidence des retombées était plus élevée dans les États où les activités en R-D des universités et des industries affichaient une répartition géographique semblable. Ceci indique que la proximité géographique à l'intérieur des États est un élément qui importe. Toutefois, l'auteur a aussi précisé que cette conclusion s'appliquait aux brevets des sociétés dans leur ensemble et à ceux relatifs aux produits chimiques mais qu'elle ne tenait pas pour les brevets accordés dans le domaine des médicaments, des produits électroniques et des arts mécaniques. Cette conclusion indique, entre autres, que les sociétés qui obtiennent des brevets tirent avantage de l'expertise généralisée et non spécialisée offerte par les universités.

Les travaux de Rauch (1993) indiquent aussi que les collectivités retirent des avantages généralisés sous forme de retombées de leurs résidents hautement scolarisés. Rauch conclut aussi que, étant donné leurs caractéristiques individuelles, les revenus des personnes sont aussi des fonctions croissantes des niveaux de scolarité moyens dans la zone statistique métropolitaine normalisée (SMSA) dans laquelle elles habitent. Les mécanismes en vertu desquels les personnes hautement scolarisées contribuent à accroître la productivité des autres résidents de la collectivité ne sont pas bien connus.

---

<sup>39</sup>Glaeser, Kalal, Scheinkman et Shliefer (1991) ont observé que, au cours de la période 1956-1987, des industries individuelles ont eu tendance à connaître une croissance plus rapide dans les villes où elles étaient sous-représentées par rapport à la moyenne nationale et dans les villes où l'emploi était réparti de façon plus égale entre les industries. Ceci indique donc que les économies d'agglomération ne découlent pas d'une concentration d'activités semblables au même endroit. De même, en ce qui concerne la localisation des activités de recherche fondamentale et appliquée et des technologies de production des sociétés au Japon, Kenney et Florida (1994) ont conclu que la proximité ou l'éloignement des concurrents n'était jamais un élément important, mais que la qualité de vie, les réseaux de transport et la disponibilité d'ingénieurs se classaient toujours près du sommet de la liste.

En somme, il est manifeste qu'il existe des économies d'agglomération et que leurs sources les plus probables sont le marché du travail et le caractère spécialisé de l'infrastructure (notamment le réseau de transports). Sans égard aux arguments de Porter, il y a peu de raison de croire que les entreprises éloignées de leurs rivales sont dans une situation technologiquement désavantageuse. En général, les entreprises établies au Canada ne devraient donc pas être confrontées à des inconvénients «naturels» importants pour avoir accès à l'évolution technologique qui se produit dans les centres majeurs aux États-Unis<sup>40</sup>. Alors que les collectivités retirent des retombées positives de la présence de personnes ayant un coefficient de capital humain élevé, il appert que celles-ci ne doivent pas être concentrées dans une industrie ou un domaine de spécialisation technologique précis. En fait, il semble que la diversité constitue un avantage dynamique.

Il est peu probable que des collectivités de taille plus restreinte puissent attirer des industries dont le fonctionnement nécessite des compétences ou des qualifications professionnelles spécialisées<sup>41</sup>. Soulignons toutefois que le seuil en vertu duquel la demande locale est suffisante pour soutenir des activités spécialisées varie d'une spécialité à l'autre. Par exemple, on a soutenu que les zones métropolitaines canadiennes de taille plus restreinte avaient de meilleures chances d'attirer chez elles les activités de R-D du secteur de la haute technologie que celles liées au financement ou à la commercialisation.

### ***Retombées internationales***

La question des transferts internationaux de technologie est un phénomène qui a fait l'objet de nombreuses études. On en connaît beaucoup moins sur l'ampleur des retombées internationales des avantages de l'innovation. La présence de retombées internationales a des répercussions importantes sur le plan des politiques publiques. Dans un contexte national, le taux de rendement social des innovations est fonction de l'ordre de grandeur de leurs retombées à l'intérieur du pays. Du point de vue du revenu national, il n'y a aucun avantage à encourager des activités innovatrices qui comportent d'importantes retombées internationales, mais de faibles retombées à l'intérieur du pays. De plus, si les retombées ne franchissent pas aisément les frontières nationales, les entreprises établies au Canada se retrouveront dans une situation désavantageuse en ce qui concerne leur participation au système nord-américain d'innovation.

La propagation à l'étranger des avantages des innovations technologiques peut se faire par l'intermédiaire de nombreux canaux. Les technologies nouvelles peuvent faire partie intégrante

---

<sup>40</sup>Parmi les obstacles artificiels aux courants technologiques figure l'exclusion des entreprises établies au Canada des consortiums de R-D et des autres réseaux.

<sup>41</sup>Une exception serait les «solitaires» qui sont en mesure de travailler pour des employeurs à plusieurs endroits différents en se servant de moyens de télécommunications.

des biens qui sont vendus sur les marchés internationaux. Si les échanges de biens se font à des prix qui ne tiennent pas pleinement compte de la valeur des technologies nouvelles intégrées à ces biens, les acheteurs dans le pays importateur réaliseront un avantage positif sous forme de surplus des consommateurs<sup>42</sup>. La concurrence ou la menace de concurrence venant des imitateurs peut faire que les prix de produits nouveaux ne reflète pas leur valeur pour les utilisateurs. Si ces imitateurs sont à l'étranger, les bénéfices réalisés constituent aussi une retombée positive internationale. Les imitations de produits faites à l'étranger qui violent les droits de propriété intellectuelle de l'innovateur sont ce qu'on appelle du piratage<sup>43</sup>. La création de droits de propriété intellectuelle relève des gouvernements et, dans certains pays, ces droits ont été mal protégés ou inexistant. Le piratage décrit aussi des cas en vertu desquels une imitation ou une copie faite à l'étranger aurait été considérée comme une violation des droits de propriété intellectuelle de l'innovateur si elle avait été réalisée dans le pays d'origine de l'innovateur. Aux États-Unis, on prétend que les ressortissants américains ont essuyé des pertes énormes aux mains de pirates étrangers (McFetridge et English, 1990).

Des transferts internationaux de technologie s'effectuent aussi de façon directe, c'est-à-dire sans que la technologie ne soit intégrée à des produits. Historiquement, ces transferts se sont produits à l'intérieur de deux grandes catégories d'institutions (structures de gestion), de façon autonome par l'intermédiaire du marché et par voie interne à l'intérieur des entreprises. Des retombées peuvent survenir parce que ces structures de gestion ne permettent pas à l'innovateur de recueillir la totalité des avantages générés par son innovation. Une forme de retombées positives à l'échelle internationale se produit si une innovation dans un pays a pour effet d'augmenter la productivité des ressources en R-D dans un autre pays et qu'aucun dédommagement n'est versé. Au nombre des exemples figurent l'apport au développement d'une innovation ultérieure dans un autre pays et la création de connaissances complémentaires à celles qui existent déjà dans d'autres pays.

De nombreuses études ont porté sur les caractéristiques des transferts de technologie par l'intermédiaire du marché et par voie interne<sup>44</sup>. En général, plus l'investissement nécessaire pour faire le transfert est élevé, plus les probabilités sont élevées que le transfert s'effectuera par voie interne. On a appliqué cette observation aux technologies nouvelles, complexes et impossibles à codifier. Toutefois, les institutions ou les structures de gestion à l'intérieur desquelles le transfert de technologie se réalise sont désormais suffisamment diversifiées pour que l'opposition entre marché et voie interne constitue simplement une distinction parmi plusieurs que l'on puisse faire.

---

<sup>42</sup>L'externalité pécuniaire peut aussi être négative s'il s'agit d'un cas de «destruction créatrice». Des innovations dans un pays peuvent avoir pour effet de réduire les quasi-rentes recueillies par des ressources spécialisées qui servent à fabriquer des produits substitués dans un autre pays.

<sup>43</sup>L'utilisation non autorisée d'une marque de commerce est ce qu'on appelle une contrefaçon. Le terme piratage est le plus souvent utilisé dans le contexte d'une copie non autorisée de matériel protégé par un droit d'auteur.

<sup>44</sup>Reddy et Zhao (1990), McFetridge (à paraître, 1995).

Des retombées se produisent dans le cadre d'échanges internationaux de technologie sans lien de dépendance si les droits sur les licences et les redevances payés par les détenteurs de licence sont inférieurs à la valeur que la technologie représente pour eux. Il en est généralement ainsi<sup>45</sup>. Encore une fois, ce résultat est attribuable à la concurrence ou au risque qu'elle représente de la part, notamment, du titulaire possible de licence. On peut considérer l'octroi de licence comme un moyen pour le licencié d'éviter d'imiter la R-D et de partager les avantages des économies ainsi réalisées.

Des retombées se produisent aussi dans le cadre de transferts de technologie par voie interne lorsque des employés dans une filiale étrangère peuvent acquérir des connaissances sans avoir à les payer (sous forme de salaires moindres) ou lorsque les acheteurs ou les fournisseurs du pays d'accueil sont en mesure de réaliser un surplus provenant des avantages dérivés d'une collaboration avec des filiales étrangères. Évidemment, les avantages réalisés par les acheteurs et les fournisseurs du pays d'accueil ne doivent pas nécessairement l'être au détriment des acheteurs et des fournisseurs du pays d'origine. Il se peut que les filiales étrangères aient accès à des possibilités de collaboration qui n'existent pas sur le marché du pays d'origine. Des études portant sur les retombées positives dont profitent les pays d'accueil indiquent souvent que ces avantages se manifestent non pas sous forme d'imitation de technologies précises mais plutôt sous forme d'effets d'imitation en vertu desquels des entreprises locales prennent connaissance de toute une gamme de techniques organisationnelles et opérationnelles.

Historiquement, on a considéré la question des transferts internationaux de technologie et de leurs retombées dans le contexte d'un pays innovateur (les États-Unis) qui exportait des technologies vers d'autres pays sous forme directe ou indirecte. Le processus d'innovation est lui aussi en voie de s'internationaliser de plus en plus, comme en témoignent l'internationalisation de la fonction de R-D dans les entreprises multinationales et l'apparition de réseaux internationaux de R-D.

L'internationalisation de la fonction de R-D chez les entreprises internationales s'est manifestée sous deux formes générales. La première est la R-D orientée vers le marché, qui contribue à soutenir les opérations de la multinationale sur un marché étranger. Cela se produit le plus souvent lorsque le marché possède certaines particularités, qu'il est suffisamment vaste ou qu'il nécessite des rapports étroits avec les clients. Le pays d'accueil peut profiter de retombées positives sous forme d'acquisition de connaissances par les travailleurs spécialisés, de surplus sur des activités de collaboration au niveau de la R-D entre la filiale et les clients locaux, et d'économies d'agglomération sur le marché des travailleurs spécialisés. La réalisation de certains de ces avantages peut se faire au détriment du pays d'origine.

La deuxième forme d'internationalisation est orientée vers le savoir. Elle peut découler

---

<sup>45</sup>Les études portant sur l'octroi de licence contiennent des références à la règle des deux tiers-un tiers, en vertu de laquelle le licencié reçoit les deux tiers des avantages d'une technologie licenciée et le concédant, un tiers (voir McFetridge et Raffiquzzaman, 1987).

des avantages résultant de l'expertise accumulée par la filiale ou d'autres sources de connaissances dans le pays d'accueil. On a associé cette forme de collecte de renseignements aux décisions des entreprises dans les industries de la biochimie et de l'électronique d'établir leurs installations de R-D aux États-Unis (Dalton et Serapio, 1993; Grandstrand, Hakanson et Sjolander, 1993). Ces «postes d'écoute» dans le domaine de la R-D ont pour effet d'augmenter les retombées internationales au détriment du pays d'accueil. Ces conditions facilitent les possibilités d'imitation des innovations brevetées et permettent aussi de puiser dans le réservoir des connaissances scientifiques disponibles dans le pays d'accueil et de les rapatrier pour utilisation dans le pays d'origine.

La R-D peut être coordonnée à l'échelle internationale par l'intermédiaire de la constitution de réseaux. La R-D peut être de propriété exclusive ou non (connaissances scientifiques accessibles). Les alliances prévoient souvent que chaque participant doit apporter une contribution au savoir collectif. Des échanges internationaux de connaissances s'effectuent parce que des alliances, des consortiums et des réseaux ont pour effet de réduire le double emploi des efforts de R-D et d'internaliser les externalités à l'échelle tant nationale qu'internationale.

Les mécanismes par lesquels les utilisateurs étrangers ) qu'il s'agisse d'imitateurs ou d'innovateurs dans des champs connexes ou non ) ont accès aux courants de connaissances sont les mêmes que ceux que peuvent utiliser les imitateurs à l'intérieur d'un pays. Parmi ces instruments que nous avons cités plus tôt figurent la R-D imitative, la rétroingénierie, la fabrication sous licence, la mobilité des employés, les rencontres et les publications techniques, la divulgation de brevets et les témoignages faits par des employés d'entreprises innovatrices.

Jaffe, Trajtenberg et Henderson (1993) présentent des données empiriques sur les retombées positives réalisées par des étrangers qui poursuivent des travaux de recherche connexes. Ces auteurs utilisent les citations de brevets américains dans les brevets d'inventeurs étrangers comme indices des retombées de la technologie américaine à l'étranger. Ils ont observé que les frontières avaient une certaine importance en ce sens que la probabilité pour un brevet américain d'être cité dans un autre brevet américain est plus élevée que celle d'être cité dans un brevet étranger. Néanmoins, l'écart de probabilité est minime et en bonne partie transitoire, de sorte que la principale différence entre les retombées intérieures et internationales se manifeste sous la forme d'un court délai de diffusion internationale<sup>46</sup>.

---

<sup>46</sup>La probabilité qu'un brevet américain de 1975 soit cité dans des demandes de brevets américains ultérieurs par des inventeurs à l'emploi d'entreprises américaines n'est pas différente de la probabilité qu'un brevet américain de 1975 soit cité dans des demandes de brevets américains ultérieurs soumises par des inventeurs à l'emploi d'entreprises étrangères. Il y a un écart d'environ trois points de pourcentage entre les probabilités respectives que des demandes d'universités américaines et étrangères fassent référence à un brevet américain de 1975 et cet écart est marginalement significatif sur le plan statistique. La probabilité qu'un brevet américain de 1980 soit cité dans des demandes de brevet ultérieur soumises par des inventeurs américains est d'environ 10 points de pourcentage plus élevée qu'elle ne l'est dans les demandes de brevet américain présentées par des inventeurs étrangers et cet écart est statistiquement significatif. Une partie seulement de cet écart s'explique par la période plus courte qui se rattache aux citations des brevets de 1980.

Nelson et Wright (1992) soutiennent que la diffusion internationale des connaissances par l'intermédiaire de publications techniques et d'autres moyens de communications est devenue considérablement plus vaste à mesure qu'un plus grand nombre de pays développent leurs aptitudes à se servir des publications, des données et des schémas scientifiques et technologiques. Cette tendance a pour effet d'augmenter la probabilité des retombées technologiques à l'étranger, d'en accélérer la diffusion et d'en élargir la portée. Nelson et Wright attribuent à ces retombées la diminution du rôle de «chef de file» des États-Unis dans le domaine de la technologie.

On dispose aussi de certaines données économétriques sur les effets des retombées internationales de la technologie sur la productivité. Les études portant sur les avantages de la R-D du gouvernement canadien dans l'industrie agricole tiennent compte des effets que la R-D du gouvernement américain dans le secteur agricole peuvent avoir sur les coûts de production au Canada. Les résultats de ces travaux indiquent que la R-D américaine a entraîné une réduction des coûts de production au Canada dans un cas (pondeuses) et n'a eu aucun effet dans deux autres (élevage de bovins et de moutons).

Mohnen (1992) et Bernstein (1994) ont analysé l'incidence de la R-D américaine sur la productivité de l'industrie manufacturière canadienne. Bernstein a utilisé le modèle de la fonction de coût. Plus précisément, il a calculé les fonctions de coût variable moyen pour les industries canadiennes et américaines, respectivement, au niveau de classification à deux chiffres des industries. Les effets des retombées nationales et internationales sont dérivés à partir des répercussions respectives sur les coûts variables moyens du stock de R-D dans les autres industries manufacturières nationales et le stock de R-D dans la même industrie selon la classification à deux chiffres dans l'autre pays. Une industrie réalise des retombées positives *intra-nationales* si une hausse du stock de R-D dans les autres industries manufacturières nationales réduit son coût variable moyen (en maintenant constants la production, les intensités et les prix des facteurs de production). Une industrie réalise des avantages positifs *internationaux* si une augmentation du stock de R-D dans la même industrie selon la classification à deux chiffres dans l'autre pays réduit son coût variable moyen.

Bernstein a conclu que trois des onze industries canadiennes (matériel électrique, aliments et boissons et produits du pétrole) profitaient de retombées positives *intra-nationales* qui étaient statistiquement significatives<sup>47</sup>. Les retombées de la R-D à l'*intérieur* du Canada parmi les industries à un niveau de désagrégation à deux chiffres semblent donc être moins importantes que ce que les travaux antérieurs de Bernstein avaient laissé croire. Bernstein a aussi conclu que sept industries canadiennes (matériel électrique, fabrication des métaux, outillage non électrique, minéraux non métalliques, produits du pétrole, métaux primaires et matériel de transport) profitaient de retombées positives *internationales* provenant du stock de R-D dans la même industrie aux États-Unis. Deux industries américaines (aliments et boissons, et papier et produits connexes) profitaient de retombées positives provenant de la R-D dans la même industrie au

---

<sup>47</sup>Ces conclusions sont tirées de l'étude de Bernstein (1994, tableaux 4-14). On a supposé que des retombées positives se produisaient si l'élasticité du coût variable moyen direct était négative et égale au double de son écart-type.

Canada.

Il semblerait que les résultats obtenus par Bernstein affaiblissent considérablement l'argument en faveur d'un appui gouvernemental à la R-D industrielle. Des retombées intérieures positives ne sont réalisées que dans trois des onze industries canadiennes étudiées<sup>48</sup>. Les retombées internationales sont plus importantes. Évidemment, les entreprises canadiennes doivent investir dans la R-D afin de profiter de retombées positives mais il existe un stimulant à caractère privé pour ce faire. (Une augmentation du stock américain de R-D a pour effet d'augmenter le niveau souhaitable du stock canadien de R-D.) La question des externalités ne justifie pas un appui ou une intervention du secteur public. Ce résultat pourrait manifestement changer si la portée de l'analyse était élargie pour tenir compte des retombées intra-industrielles.

En somme, l'existence de retombées internationales a pour effet de rendre plus complexes les recommandations visant à réaliser une affectation efficiente des ressources. Les politiques devraient favoriser des activités qui comportent des retombées positives *intérieures* importantes. Même s'il ne s'agit que d'une question de pure conjecture, il se pourrait que les innovations qui génèrent les retombées intérieures les plus importantes soient celles qui contribuent à valoriser les ressources intérieures uniques<sup>49</sup>.

---

<sup>48</sup>Quatre industries américaines profitent de retombées positives intra-nationales statistiquement significatives.

<sup>49</sup>Un exemple qui vient à l'esprit est celui de la R-D axée sur les sables bitumineux et le pétrole lourd. La question de savoir si l'évolution des prix du pétrole brut classique nous a permis de réaliser un taux de rendement satisfaisant sur ces activités de R-D est une toute autre affaire.



### **TROISIÈME PARTIE ACCROÎTRE LE POUVOIR D'EXCLUSIVITÉ : LE SYSTÈME DES BREVETS**

#### **Le marché de la propriété intellectuelle**

Un brevet est un droit de propriété accordé par un gouvernement national à l'égard d'une nouvelle invention. Il permet au propriétaire (le détenteur du brevet) d'empêcher les autres de fabriquer, d'utiliser ou de vendre l'invention brevetée dans le pays qui lui a accordé un brevet, dont la durée peut aller jusqu'à vingt ans à compter de la date du dépôt de la demande. En contrepartie de ce *droit d'exclusivité*, le détenteur du brevet doit *divulguer son invention*. La divulgation suppose la présentation d'une description claire et complète de l'invention dans la demande de brevet. La description doit être suffisamment précise pour permettre à toute personne ayant une maîtrise moyenne de cette technologie de fabriquer ou d'utiliser l'invention. Les demandes de brevet sont publiées 18 mois après leur dépôt.

Les brevets s'appliquent aux nouvelles technologies (innovations). Pour satisfaire le critère de nouveauté, le demandeur doit être le premier à présenter une demande (dépôt), sauf aux États-Unis où le brevet est accordé au premier inventeur. Un brevet ne sera pas accordé à l'égard d'une invention qui appartient au domaine public depuis plus d'un an.

Afin d'être admissible à un brevet, une invention doit être utile et fonctionnelle; en outre, l'invention ne doit pas être évidente. Un brevet peut être accordé à l'égard d'un nouveau produit, d'un nouvel appareil, d'une nouvelle composition chimique ou d'un nouveau procédé. Les idées, les principes scientifiques, les théorèmes, les formes ou méthodes d'organisation, les logiciels et les traitements médicaux ne sont pas brevetables.

Des brevets sont accordés à l'égard des formes de vie microbienne, y compris les bactéries, les levures, les moisissures, les champignons, les actinomycètes, les algues, les lignées cellulaires, les virus et les protozoaires, pourvu que les normes habituelles de nouveauté, d'utilité et de non-évidence soient respectées. Les procédés de manipulation ou d'utilisation de micro-organismes peuvent aussi être brevetés, mais la protection du brevet ne s'étend pas aux micro-organismes tels qu'ils se trouvent dans la nature. Les plantes et les animaux n'ont pas été brevetés au Canada, mais les procédés de production de plantes et d'animaux qui exigent une intervention humaine importante peuvent être brevetés.

Le droit d'obtenir un brevet a été interprété comme un monopole restreint. Il vise à permettre aux inventeurs de toucher une partie de la valeur sociale de leur invention et, par conséquent, à contribuer à surmonter le problème lié à l'incapacité de s'approprier les fruits d'une

invention, que nous avons examiné dans la partie 1. Le pouvoir d'exclusion permet au détenteur du brevet d'exiger des utilisateurs de l'invention qu'ils paient pour l'utiliser, lui permettant ainsi de récupérer ses coûts de R-D.

Lorsqu'une nouvelle technologie a été mise au point, l'efficacité demande qu'elle puisse être utilisée par quiconque est prêt à en défrayer le coût marginal d'utilisation. Le coût marginal peut être très inférieur au coût moyen, lequel comprend les coûts de R-D liés à l'invention. Dans le cas d'un nouveau procédé, le coût marginal peut correspondre au coût de reproduction des plans ou des instructions. Pour un nouveau logiciel, le coût peut se limiter à celui de le copier sur une disquette. Dans le cas d'un tomographe, ce serait le coût marginal de fabrication.

Le coût correspondant à l'effort de R-D du détenteur du brevet peut être récupéré uniquement s'il est possible d'imposer à (au moins) certains utilisateurs un (des) prix excédant le coût marginal. Si l'on impose à tous les utilisateurs un prix supérieur au coût marginal, l'utilisation du brevet peut effectivement être restreinte<sup>50</sup>. Il peut donc y avoir tension entre deux objectifs sociaux. Afin d'accroître l'incitation à innover, on peut restreindre la diffusion d'une innovation en en fixant le prix à un niveau supérieur au coût marginal pour une certaine période. C'est là l'essence du marché de la propriété intellectuelle. Mais la société ne veut pas limiter l'utilisation d'une invention, une fois celle-ci divulguée, au delà de la période nécessaire. L'objectif visé est de réduire au minimum la restriction à l'utilisation qui est requise pour offrir un stimulant à l'invention. Cela pose un problème d'optimisation. La société a intérêt à structurer chaque dimension d'un droit de brevet de manière à ce que le surplus découlant de l'activité innovatrice supplémentaire engendrée par un droit plus restrictif soit tout juste égal au surplus auquel on a renoncé en raison de l'utilisation restreinte des inventions.

### **Le brevet comme stimulant à l'invention**

Les brevets visent à accroître la mesure dans laquelle les avantages d'une invention peuvent revenir à l'inventeur et, ainsi, à offrir un stimulant à l'invention. Un inventeur peut dissuader les imitateurs éventuels de diverses façons. Celles-ci sont énumérées par ordre d'importance au tableau 3. Bien que cette classification varie d'une industrie à l'autre, les moyens

---

<sup>50</sup>Il est important de comprendre que les brevets peuvent aussi encourager la diffusion de la connaissance. Premièrement, l'invention est divulguée après le dépôt de la demande de brevet. Les connaissances ainsi divulguées sont ensuite librement accessibles à tous les utilisateurs qui n'enfreignent pas les droits du détenteur de brevet (c.-à-d., qui n'imitent pas l'invention). Deuxièmement, le détenteur du brevet est incité à faire connaître son invention et ainsi, à stimuler la demande pour celle-ci. Cela peut favoriser une plus grande diffusion de l'invention, une fois le brevet expiré, en comparaison de ce qui ce serait produit si le détenteur du brevet avait eu recours au secret comme moyen de s'approprier les fruits de son invention.

les plus importants pour s'approprier les rendements d'une innovation sont généralement les suivants :

- avoir accès à des éléments d'actif co-spécialisés exclusifs;
- posséder une longueur d'avance en matière de R-D;
- progresser sur la courbe d'apprentissage ou d'expérience.

Les éléments d'actif co-spécialisés comprennent le savoir-faire et les installations de production, l'expérience et le dispositif de commercialisation ou encore la réputation. L'inventeur est protégé contre les imitations lorsque l'exploitation d'une invention exige des éléments d'actif complémentaires uniques auxquels l'inventeur a accès, mais non les imitateurs.

**Tableau 3**  
**Comment les innovateurs se protègent-ils contre l'imitation?**

Méthode d'appropriation des bénéfices	Efficacité (Classement)	
	Produits	Procédés
Ventes ou services de qualité supérieure	1	3
Posséder une avance en matière de R-D	2	1
Progresser rapidement sur la courbe d'apprentissage	3	2
Brevets visant à interdire la reproduction	4	5
Brevets visant à obtenir des redevances	5	6
Secret	6	4

*Source:* Levin et coll, (1987).

Les inventeurs possédant une certaine avance en matière de R-D profitent d'une période de monopole avant que les imitateurs soient en mesure d'entrer sur le marché. Les inventeurs qui s'en remettent à la courbe d'apprentissage profitent de leur entrée précoce sur le marché pour acquérir progressivement une expérience en matière de production ou de commercialisation qui réduit leur coût unitaire et décourage les imitateurs éventuels.

Comme il ressort du tableau 3, les brevets arrivent derrière les éléments d'actif co-spécialisés, l'avance acquise en matière de R-D et la courbe d'expérience, mais devançant les

secrets commerciaux comme moyen de s'approprier les fruits d'une activité innovatrice. Cela signifie que les brevets n'engendrent pas un stimulant supplémentaire à l'invention très important pour certaines entreprises et, peut-être, dans certaines industries. Comme l'indique le tableau 4, toutefois, le système des brevets offre un stimulant supplémentaire important dans le secteur des produits pharmaceutiques, celui des produits chimiques et celui des produits pétroliers. Il engendre un stimulant supplémentaire modeste dans le secteur des machines, celui des métaux ouvrés et celui des produits électriques.

**Tableau 4**  
**L'importance du système des brevets comme stimulant à l'invention**

Pourcentage des innovations qui n'auraient pas été mises au point en l'absence de la protection offerte par les brevets

**Industrie**

Produits pharmaceutiques	60
Produits chimiques	38
Pétrole	25
Machines	17
Produits métalliques ouvrés	12
Métaux primaires	01
Matériel électriques	11
Instruments	01
Matériel de bureau	00
Véhicules automobiles	00
Caoutchouc	00
Textiles	00

*Source:* Mansfield, 1986, tableau 1

**Le système des brevets et la divulgation de l'information technologique**

Le système des brevets vise à encourager les inventeurs à publier leurs inventions plutôt qu'à les garder secrètes; la description de l'invention faite dans la demande de brevet vise à aider les autres à mettre au point des applications et des améliorations qui ne constituent pas une contrefaçon. Toutefois, les données disponibles indiquent que les demandes de brevet ne constituent pas l'une des sources les plus importantes d'information technologique. Précédemment dans cette étude, nous avons vu (au tableau 1) que la divulgation de renseignements par le truchement des brevets venait au sixième rang sur sept sources possibles

d'information technique. La R-D interdépendante, l'ingénierie inverse, les licences d'exploitation, l'embauche d'employés ayant travaillé pour l'entreprise innovatrice, ainsi que les publications et les foires commerciales sont toutes plus importantes<sup>51</sup>.

Le tableau 5 montre que l'examen des demandes de brevet figure parmi les sources les moins importantes d'information pour les entreprises canadiennes de haute technologie, même s'il s'agit d'une source d'information plus importante pour les entreprises de moyenne et de faible technologie. Cela pourrait traduire une différence dans la composition industrielle de ces deux groupes. Mais il se pourrait aussi que pour de nombreuses entreprises de haute technologie, le rythme du changement soit tel qu'au moment où est publiée la demande de brevet, la technologie qui y est décrite est dépassée.

Il est possible que les demandes de brevet soient des sources plus utiles d'information pour les entreprises dites de technologie moyenne. Paul David a fait valoir que, de façon générale, l'accès au stock existant de renseignements techniques est de plus en plus important à mesure que l'innovation devient davantage une question d'intégration et de reformulation de résultats scientifiques et technologiques déjà acquis. Il insiste sur ce qu'il appelle le «pouvoir de diffusion» d'une économie, qui est simplement la capacité des organisations innovatrices d'utiliser l'inventaire actuel des données scientifiques et technologiques. Cela signifie qu'il faut à la fois connaître l'existence de ces données et de négocier les conditions d'accès à ces connaissances parce qu'elles sont de propriété privée.

---

<sup>51</sup> On peut faire valoir que des renseignements ne pourraient être obtenus par le truchement d'accords de licence en l'absence de la protection offerte par les brevets.

**Tableau 5**  
**Sources de renseignements**

Source	Genre d'entreprise	
	Haute technologie	Technologie moyenne/faible
	Pourcentage déclarant utiliser chacune de ces sources	
Filiales	71	100
Foires commerciales, conférences	70	56
Documentation	68	46
Discussions avec d'autres entreprises		
Rétroingénierie	32	26
Examen de la documentation protégée par droit d'auteur	08	01
Examen des dessins industriels	03	07
Examen des droits d'obtentions végétales	03	07
Examen des brevets		
Examen des modèles de circuits intégrés	03	01
	02	13
	02	03

Source: Industrie, Sciences et Technologie Canada, 1989, pièces 5.2.3 et 6.2.4

### **Le rôle du secret**

Le secret commercial est une solution de rechange à l'obtention d'un brevet. Un secret commercial n'est pas un droit de propriété même s'il peut être protégé par contrat. Les parties à un secret commercial conviennent de ne pas divulguer des renseignements techniques précieux et peuvent être forcées de respecter leur engagement. Mais si un secret commercial est divulgué par inadvertance, il n'est plus protégé. Moins une invention se prête à l'imitation par ingénierie inverse, plus il est probable qu'elle demeure secrète.

Le tableau 3 laisse croire que le secret commercial est la stratégie la moins employée pour protéger de nouveaux produits. Il se classe un peu mieux comme moyen de protéger les procédés innovateurs (qui se prêtent en général moins facilement à l'ingénierie inverse). Le classement présenté au tableau 3 sous-estime le rôle du secret

commercial car on peut penser que d'autres moyens de protection, par exemple un savoir-faire complémentaire unique en matière de production et le maintien d'une avance sur le plan de la R-D, s'appuient, du moins en partie, sur le secret commercial. Néanmoins, dans la plupart des secteurs, il semble que lorsqu'une innovation est brevetable, elle est, de fait, brevetée (tableau 6).

**Tableau 6**  
**Propension à breveter**

<b>Industrie</b>	<b>Pourcentage des inventions qui ont été brevetées</b>
Produits pharmaceutiques	82
Produits chimiques	81
Pétrole	86
Machines	86
Métaux primaires	50
Matériel électrique	83
Matériel de bureau et instruments	75
Véhicules moteurs	65

*Source:* Mansfield, 1986, tableau 2.

À l'occasion, les secrets commerciaux sont présentés comme des connaissances tacites ou non codifiées. La transmission de connaissances tacites exige des instructions et une observation, c'est-à-dire qu'elle nécessite une interaction directe entre les personnes qui possèdent les connaissances et celles qui cherchent à les acquérir. La transmission de connaissances codifiées ne nécessite pas une telle interaction. Les connaissances peuvent être tenues secrètes en les conservant sous forme tacite. Henry Ergas a fait valoir que l'importance accrue de la simulation informatique comme méthode d'expérimentation s'accompagne d'une formalisation et d'une codification plus systématiques, ce qui réduit encore davantage le rôle du secret commercial.

### **Le droit optimal en matière de brevet**

Une bonne partie de l'analyse économique consacrée au droit de propriété industrielle (brevet) porte sur sa durée. La durée optimale d'un brevet est la période pour

laquelle le surplus découlant des inventions supplémentaires qui seraient attribuables à une durée plus longue correspond au surplus sacrifié en restreignant davantage l'utilisation des inventions qui seraient survenues à des durées de protection plus courtes.

La durée optimale d'un brevet dépend d'un certain nombre de facteurs. Le premier est la sensibilité de l'activité innovatrice aux variations de la durée du brevet<sup>52</sup>. Plus l'activité innovatrice est sensible aux variations dans la durée des brevets, plus longue est la durée optimale. Le second facteur est la mesure dans laquelle le monopole que confère le brevet exclut les utilisateurs qui sont disposés à payer le coût marginal de l'invention. Le surplus perdu (sacrifié) en raison de l'imposition de prix supérieurs au coût marginal pendant la durée du brevet est appelé la *perte sèche* (de capacité). Plus la perte sèche correspondant à l'utilisation perdue est élevée, plus courte est la durée optimale du brevet. Si les détenteurs de brevet sont en mesure d'exercer une discrimination et, ainsi, recouvrer leurs coûts de R-D auprès d'utilisateurs infra-marginaux tout en n'excluant pas les utilisateurs marginaux, la durée optimale du brevet peut être très longue.

Le troisième facteur à prendre en considération en vue de déterminer la durée optimale d'un brevet est le degré de rivalité entre les inventeurs potentiels. Ainsi, plusieurs inventeurs peuvent se livrer concurrence en vue d'obtenir le même brevet. Si la rivalité peut s'avérer bénéfique dans la mesure où elle permet la poursuite de diverses stratégies, augmentant ainsi la probabilité que l'une d'elles soit couronnée de succès, elle peut aussi aller au delà de ce point et donner essentiellement lieu à un dédoublement d'effort. En accroissant la rentabilité éventuelle, pour le gagnant, de la «course» au brevet, une durée plus longue attirera plus de rivaux dans la course ou incitera des inventeurs concurrents à accentuer la cadence de leurs programmes de R-D. Dans la mesure où il s'ensuit un dédoublement et un empressement dans les efforts de R-D, cela milite contre une durée plus longue des brevets.

Le quatrième facteur est la perspective dans laquelle se trouvent les autorités concernées. La durée optimale d'un brevet peut être établie en adoptant une perspective mondiale ou celle d'un pays en particulier. Les deux diffèrent. Un pays donné peut être incité à «profiter gratuitement» des efforts d'innovation des autres pays. Cette pratique peut se traduire par une courte durée de protection des brevets, l'imposition de licences obligatoires ou l'absence totale de brevets. Dans les pays qui s'adonnent à cette pratique, les utilisateurs profitent de prix inférieurs pour les produits et les procédés qui sont encore protégés par des brevets dans les autres pays. Les détenteurs de brevets y perdent,

---

<sup>52</sup> L'importance de l'existence de la protection offerte par les brevets comme stimulant à l'invention est examinée plus loin.

mais si ces pays ne représentent qu'une part modeste de l'activité innovatrice dans le monde, la plus grande partie de ces pertes sont assumées par les inventeurs des autres pays. Par conséquent, plus petite est la part de l'activité innovatrice dans le monde représentée par un pays, plus élevée est l'incitation à profiter gratuitement de l'effort des autres.

Beaucoup de travaux théoriques ont été publiés sur la durée optimale des brevets. Kotowitz (1986) en présente un excellent aperçu. Il note que d'un point de vue mondial, lorsqu'il y a rivalité entre les inventeurs, la durée optimale du brevet sera vraisemblablement inférieure à six ans. La durée optimale des brevets est considérablement plus longue s'il n'y a aucune rivalité (un seul inventeur). L'intuition derrière ce raisonnement est que s'il y a rivalité, une durée plus longue des brevets ou même un droit de protection par brevet plus rigoureux entraîne une plus grande consommation de ressources en R-D mais non nécessairement un plus grand nombre d'inventions, de meilleures inventions, ou des inventions aboutissant plus rapidement.

Kotowitz confirme aussi les résultats obtenus par Tandon (1982), à savoir qu'une durée plus longue des brevets assortie de dispositions de licences obligatoires à des taux de redevance inférieurs au niveau de monopole est préférable à une courte durée des brevets dans la mesure où elle engendre le même stimulant à l'invention mais avec une perte sèche plus restreinte pour les utilisateurs éventuels<sup>53</sup>.

La durée optimale d'un brevet est plus courte si l'on adopte le point de vue d'un petit pays que si l'on se place dans une perspective mondiale. Il en est ainsi parce que la durée plus longue du brevet augmente le montant que les utilisateurs nationaux doivent verser pour utiliser les inventions brevetées sans que cela influe de façon significative sur la production mondiale d'inventions. Cela peut être vu comme un transfert des utilisateurs nationaux aux inventeurs étrangers. Si, comme le fait valoir Kotowitz, la durée mondiale des brevets est trop longue, ce transfert n'accroîtra pas la rentabilité des inventeurs étrangers. Plutôt, il sera dissipé dans une rivalité accrue. Incidemment, dans un contexte de rivalité, la durée optimale d'un brevet au Canada est beaucoup plus courte que la durée (vingt ans) qui prévaut actuellement sur le plan international, *même si le Canada souhaite maximiser le bien-être (surplus) sur le plan mondial plutôt que national*.

---

<sup>53</sup> Gilbert et Shapiro (1990) ont approfondi ce résultat en montrant que l'effet de bien-être (surplus) peut aussi être accru par des mesures visant à réduire l'avantage que retire le détenteur du brevet par période tout en prolongeant la durée du brevet.

Ces conclusions doivent être assorties d'une réserve s'il y a des coûts de mise en marché locaux, lesquels comprennent la modification, la mise à l'essai ou la promotion. Dans ce cas, la protection intérieure conférée par les brevets est nécessaire pour que les inventions provenant de l'étranger soient disponibles au Canada. L'étendue de la protection requise dépend de l'importance de ces coûts locaux. Encore une fois, il est préférable que ces coûts soient recouverts sous forme de petits montants sur une longue période que sous forme de gros montants sur une période plus courte.

La portée du brevet accordé est déterminée par le Bureau des brevets et par les tribunaux. Un brevet de vaste portée donne à son détenteur un droit qui s'étend à l'invention de proches substituts de son invention. Une demande de brevet de portée plus large confère à son détenteur un plus grand pouvoir de monopole.

La détermination de la portée optimale d'un brevet est assujettie aux mêmes considérations que la détermination de sa durée optimale. De fait, les deux devraient être déterminés simultanément. Pour une durée donnée, plus la portée du brevet accordé est restreinte, plus grande est la concurrence à laquelle doit faire face le détenteur du brevet de la part d'inventions de substitution non considérées comme une contrefaçon de son brevet. Si des proches substituts qui n'enfreignent pas le brevet sont disponibles, la valeur du monopole accordé par le brevet s'en trouve réduite. Si la définition du brevet est suffisamment étroite, l'inventeur n'a aucun pouvoir de monopole et le brevet n'engendre aucun stimulant à l'invention. Plus la demande de brevet est élaborée de façon étroite, plus longue est la durée requise pour accorder le même stimulant à l'invention. Cela soulève la question de savoir s'il est préférable, socialement, d'accorder un brevet de vaste portée et de courte durée ou un brevet de portée étroite mais de longue durée.

La question tourne autour des effets de distorsion différents liés, respectivement, à une portée étroite et à une portée vaste. Si le brevet a une portée étroite, la distorsion découle de la substitution opérée par ceux qui préfèrent la marque brevetée en faveur de substituts rapprochés disponibles à un prix inférieur. Si le brevet a une vaste portée, le détenteur qui trouve profitable d'offrir plusieurs variétés trouvera aussi profitable d'en établir le prix de manière à ce qu'il n'y ait pas distorsion du choix des utilisateurs entre ces variétés. La seule distorsion provient de la substitution extérieure à la vaste catégorie visée par le brevet. Un brevet de portée étroite et de longue durée est préférable si la perte sèche attribuable à la substitution en faveur de substituts éloignés est plus grande que la perte sèche découlant de la substitution en faveur de proches substituts (Klemperer, 1990).

Un argument supplémentaire en faveur des brevets de vaste portée est que cela

permet au détenteur du brevet de contrôler l'entrée de proches substituts. Dans ce cas, des ressources ne sont pas gaspillées dans le lancement de substituts d'imitation qui ne contribuent qu'à déplacer les bénéfices. Cependant, on a souvent fait valoir que le détenteur du brevet peut ne pas avoir les connaissances requises pour déterminer quelles inventions de substitution représentent un gaspillage et que l'on pourrait ainsi écarter des pistes de recherche productives (Merges et Nelson, 1990).

Une invention doit constituer une nouveauté ou ne pas être évidente afin d'être brevetable. L'exigence relative à la nouveauté et la portée de la demande de brevet sont interdépendantes. Une faible norme de nouveauté suppose un brevet de portée étroite. Scotchmer et Green (1990) ont fait valoir qu'une exigence faible en matière de nouveauté est préférable à une norme rigoureuse parce qu'elle encourage les inventeurs à divulguer des améliorations de portée limitée, dont les résultats peuvent être appliqués par d'autres inventeurs. Si l'on applique une norme de nouveauté rigoureuse, ces modestes améliorations demeurent secrètes, forçant du même coup les autres à entreprendre les mêmes travaux de recherche. Bien entendu, les inventeurs ont toujours la possibilité de tenir secrètes les améliorations de moindre importance (ou même les améliorations majeures). Mais dans un système où le brevet est accordé à la première personne qui a présenté une demande, les inventeurs sont incités à déposer une demande de brevet plutôt que de courir le risque que l'amélioration soit brevetée par quelqu'un d'autre.

## **Conclusion**

Le système de brevets favorise l'innovation en accroissant la mesure dans laquelle les innovateurs peuvent s'approprier les avantages sociaux de leurs efforts. Les données limitées dont nous disposons laissent penser que le système des brevets influe de façon significative sur l'incitation à inventer dans un nombre relativement restreint, mais important, de secteurs. D'autres données indiquent que la divulgation opérée par le truchement des brevets ne constitue pas une source particulièrement importante de renseignements sur les nouvelles technologies. Même avec le sondage le mieux conçu, il est difficile de déduire l'ensemble des effets d'un système aussi fondamental et de portée aussi vaste que celui des droits de propriété. Les répondants peuvent attribuer un plus grand effet d'incitation aux brevets si leur expérience s'est déroulée à l'extérieur de ce système.

Les travaux publiés sur le brevet optimal sont très complexes et abstraits. À défaut d'autre chose, ils démontrent que le droit conféré par le brevet doit être analysé dans sa totalité. Les jugements sur la durée et l'étendue des brevets, les licences obligatoires et

les exigences en matière de nouveauté et de divulgation ne peuvent être portés de façon isolée. Ils ne peuvent non plus ignorer la structure de l'industrie ou, même, celle de l'économie. Cela dit, le thème qui ressort systématiquement des écrits sur le brevet optimal est que ce droit, dans sa configuration actuelle et de façon générale, est probablement plus étendu que nécessaire.

Cette conclusion va à l'encontre de la tendance de la politique gouvernementale au Canada et ailleurs, laquelle a mené à un renforcement des droits de propriété industrielle (brevet) et des droits d'auteur et s'est accompagnée d'une forte préoccupation à l'égard de la contrefaçon, notamment à l'échelon international. Cela contraste aussi avec les préoccupations canadiennes antérieures qui semblaient faire coïncider les intérêts du Canada avec le pouvoir de négociation des détenteurs canadiens de licences d'exploitation de technologies étrangères. Bien qu'elles témoignent d'une certaine myopie, les études théoriques et empiriques publiées sur le système des brevets indiquent que les préoccupations passées du Canada au sujet des conditions d'accès, même si elles souffraient parfois d'un manque de discernement, n'étaient pas sans validité et devraient peut-être recevoir une plus grande attention.

**QUATRIÈME PARTIE**  
**COMPENSER L'INCAPACITÉ D'APPROPRIATION :**  
**LES STIMULANTS FISCAUX, LES SUBVENTIONS**  
**ET LES ACHATS PUBLICS**

**Les stimulants fiscaux**

Le Canada a accordé un traitement fiscal favorable aux dépenses de R-D industrielles depuis plus de 30 ans. Cela s'est fait en permettant que les dépenses de R-D soient considérées comme des dépenses courantes plutôt que des dépenses de capital et en recourant à divers crédits et déductions spéciales. Une description de ces mesures est présentée dans l'article de McFetridge et Warda (1980) et ceux de Warda (1990, 1994). Un certain nombre d'autres pays ont fait l'expérience des stimulants fiscaux à la R-D. Les mesures d'incitation actuellement en place sont décrites dans Warda (1994).

Au Canada, le régime fiscal en vigueur au palier fédéral pour la R-D scientifique comprend les mesures suivantes :

- déductibilité à 100 p. 100 des dépenses courantes de R-D;
- déductibilité à 100 p. 100 des dépenses en machines et en matériel;
- crédit d'impôt à la R-D (imposable) de 20 p. 100, sauf dans les provinces de l'Atlantique (où le taux est de 30 p. 100) et pour les sociétés admissibles au taux d'imposition des petites entreprises (35 p. 100 et remboursable).

Les provinces de la Nouvelle-Écosse, de l'Ontario et du Québec offrent des stimulants fiscaux à la R-D en sus des stimulants fédéraux. La Nouvelle-Écosse offre un crédit de 10 p. 100 applicable à l'impôt provincial sur le revenu pour les dépenses de R-D faites dans la province. Le Québec offre un crédit d'impôt remboursable de 20 p. 100 sur les salaires des employés affectés à la R-D au Québec (40 p. 100 pour les sociétés admissibles au taux d'imposition des petites entreprises). En outre, il y a un crédit d'impôt de 40 p. 100 sur les paiements au titre de la R-D universitaire, tandis que le crédit d'impôt fédéral à la R-D n'est pas assujéti à l'impôt provincial du Québec. L'Ontario offre une déduction supplémentaire (du revenu imposable) égale à 25 p. 100 des dépenses de R-D en sus du crédit d'impôt fédéral à la R-D auquel le contribuable a droit (37,5 p. 100 des dépenses excédant la moyenne des trois années précédentes).

Un certain nombre de questions ont été soulevées au sujet des stimulants fiscaux à la R-D; la plus fréquemment posée est la suivantes : ces mesures ont-elles les résultats

escomptés? La question est habituellement exprimée en termes de quantité de R-D engendrée par dollar de recettes fiscales sacrifiées («effet de levier»). Cette question est importante parce que l'un des buts visés par ces stimulants fiscaux est de susciter des activités de R-D supplémentaires. Un certain nombre d'autres instruments s'offrent pour parvenir aux mêmes fins (subventions, contrats). Parmi les facteurs à prendre en considération au moment de choisir ces instruments est leur effet marginal.

On a fait valoir que la préoccupation relative à l'effet marginal était liée à des considérations distributives et que le fait que certains exécutants de travaux de R-D retirent des gains fortuits (rentes) ne signifie pas que les ressources sont affectées de façon inefficace. Cela n'est pas exact. Les transferts aux exécutants de R-D proviennent forcément des recettes fiscales courantes ou futures. Les impôts faussent l'affectation des ressources, ce qui veut dire qu'ils engendrent une perte sèche, aussi appelée *fardeau excédentaire*<sup>54</sup>. Ainsi, les transferts comportent un coût. Un programme de stimulants qui ne réussit pas à réorienter les ressources vers des usages à valeur plus élevée réduit forcément la richesse dans l'ensemble de l'économie. En outre, les entreprises qui reçoivent ces transferts peuvent être appartenir à des intérêts étrangers. Dans ce cas, les bénéficiaires de tout transfert seraient les actionnaires étrangers. D'un point de vue strictement national, le transfert représente un coût pour l'économie.

La sensibilité des dépenses de R-D aux stimulants fiscaux à la R-D est difficile à mesurer parce que de nombreux autres facteurs influent sur le niveau souhaité des dépenses de R-D; ces facteurs changent aussi avec le temps. On s'entend généralement pour dire que l'effet de substitution des stimulants fiscaux à la R-D est assez modeste<sup>55</sup>. Autrement dit, le fait de rendre la R-D financièrement plus attrayante après impôt n'entraîne pas forcément une hausse significative du coefficient de R-D parmi ceux qui sont actuellement engagés dans de telles activités. Le stimulant n'entraîne pas une très grande substitution du capital à d'autres intrants (biens matériels, travail) dans les activités de R-D. La plus grande partie de la réaction des dépenses de R-D aux stimulants fiscaux semble provenir de l'effet d'échelle ou de production. Une réduction du «taux de location» ou «coût d'utilisation» de la R-D réduit les coûts de production unitaires. Cela engendre éventuellement des prix moins élevés, une plus grande demande, une production accrue et une demande plus forte pour le capital de R-D. On peut s'interroger sur l'importance de cet effet au niveau de la production. Il repose en définitive sur la

---

<sup>54</sup> Bien entendu, dans un contexte d'optimum de second rang, une distorsion fiscale peut compenser une autre distorsion et, ainsi, contribuer à une affectation plus efficace des ressources. Un exemple à cet égard serait le financement d'un stimulant à la R-D par l'imposition d'une taxe sur les émissions de polluants nocifs.

<sup>55</sup> Bruce, 1987, p. 50.

mesure dans laquelle le stimulant fiscal incite les industries à fort coefficient de R-D à accroître leur part de la production nationale ) ce qui dépend de l'élasticité de substitution entre les produits à fort coefficient de R-D et les autres produits. Les conclusions au sujet de la sensibilité de la R-D aux stimulants fiscaux dépendent fondamentalement des hypothèses faites quant à l'importance de cette élasticité.

Après avoir examiné les études publiées sur la sensibilité des dépenses de R-D aux stimulants fiscaux dans divers pays, le *Bureau of Industry Economics* de l'Australie a conclu (en 1993) que ces stimulants engendraient entre 0,60 \$ et 1,00 \$ d'activité pour chaque dollar de recettes fiscales sacrifiées<sup>56</sup>. En ce qui a trait aux stimulants australiens (déduction de 150 p. 100), le *Bureau* a conclu en ces termes :

Même s'il est possible qu'un dollar de recettes fiscales perdues engendre un dollar de R-D supplémentaire, les constatations indiquent clairement qu'il y a un élément de transfert important dans le régime actuel ) la concession fiscale semble soutenir en partie des dépenses de R-D (pouvant aller jusqu'à 83 p. 100) qui pourrait avoir eu lieu de toute façon (p. 105).

Une deuxième question liée aux stimulants fiscaux à la R-D est de savoir s'ils améliorent l'efficacité. Cela dépend en partie de leur effet marginal, en partie de la perte sèche (fardeau supplémentaire) liée aux impôts plus élevés requis pour financer le stimulant et en partie du taux de rendement social de la R-D induite. Une question connexe est de savoir si le stimulant devrait être plus ou moins important. Pour être en mesure de répondre à cette question, il faudrait savoir si le stimulant est suffisamment important pour accroître les dépenses de R-D au point où leur taux de rendement social marginal est tout juste égal aux taux de rendement social marginal d'autres catégories d'investissement.

Dans son étude, le *Bureau of Industrial Economics* (1993, tableau 8.2) constate que dans l'hypothèse d'un effet externe de la R-D correspondant à 78 p. 100 du taux de rendement marginal privé, le fardeau fiscal excédentaire est de 32,5 p. 100, tandis que 20 p. 100 du stimulant prend la forme d'un transfert à des actionnaires étrangers. La déduction australienne de 150 p. 100 a un effet positif sur la richesse en Australie si elle réussit à accroître les dépenses de R-D de 0,70 \$ ou plus (environ) par dollar de recettes fiscales sacrifiées. Un calcul semblable pour le Canada aboutirait probablement à des

---

<sup>56</sup> Dans une étude antérieure, l'*Inland Revenue Service* de Grande-Bretagne (HM Treasury, 1987) a conclu que les stimulants fiscaux accroissaient les dépenses de R-D industrielle dans une proportion d'environ la moitié des recettes fiscales sacrifiées par l'État. Une étude effectuée par Cordes (1989) sur les stimulants fiscaux aux États-Unis a mené à la conclusion que le crédit marginal offert dans ce pays engendrait entre 0,35 \$ et 0,93 \$ d'activité par dollar de recettes fiscales sacrifiées.

conclusions assez similaires. Il s'ensuit que les stimulants fiscaux actuels ont probablement un effet social positif mais qu'il n'y a pas de raison convaincante de les rendre plus généreux.

Le niveau approprié du stimulant fiscal à la R-D pour le Canada devrait être établi en fonction de l'effet externe de la R-D, de l'effet marginal du stimulant, du fardeau fiscal supplémentaire et du pourcentage du stimulant qui donne lieu à un transfert aux étrangers. Ce niveau peut différer de celui qui conviendrait aux États-Unis ou à d'autres pays. Il n'est pas essentiel que le Canada «s'aligne» sur d'autres pays à cet égard. Compte tenu de l'incertitude qui prévaut au sujet de l'importance relative des paramètres qui déterminent le taux socialement optimal du stimulant, il serait jusqu'à un certain point prudent que les stimulants aient sensiblement le même ordre de grandeur que ceux en vigueur dans les pays ayant des caractéristiques semblables à celles du Canada.

Le traitement fiscal de la R-D au Canada a été comparé à celui d'autres pays par Warda (1990, 1994). L'auteur a constaté que les stimulants canadiens étaient plus généreux que ceux des dix autres pays étudiés. Bruce (1992) a fait une comparaison plus générale du coût après impôt du capital destiné à la R-D au Canada, au Japon et aux États-Unis. Le coût après impôt (ou le taux de location néoclassique) du capital consacré à la R-D dépend à la fois du traitement fiscal de la R-D et du coût après impôt du capital. L'auteur a constaté que le coût après impôt du capital destiné à la R-D au Canada était légèrement inférieur à celui observé aux États-Unis, mais que les deux pays avaient un coût beaucoup plus élevé que celui du Japon, ce qui laisse penser que, toute chose égale par ailleurs, une société établie au Japon ferait davantage de R-D qu'une société établie aux États-Unis ou au Canada<sup>57</sup>.

On affirme souvent que les stimulants fiscaux sont inférieurs aux subventions à deux égards. Premièrement, contrairement aux subventions, les stimulants fiscaux peuvent ne pas être accessibles aux entreprises qui n'ont pas de revenu imposable. Bien entendu, on peut corriger ce problème en accordant des stimulants fiscaux remboursables, comme c'est le cas du crédit d'impôt à la R-D en vigueur au Canada. Dans le régime fiscal actuel, on accorde un crédit remboursable sur la première tranche de deux millions de dollars de dépenses courantes de R-D à toutes les sociétés admissibles au taux d'imposition des petites entreprises (celles dont le revenu imposable est inférieur à 200 000 dollars) et un crédit partiellement remboursable aux sociétés dont le revenu

---

<sup>57</sup> Selon Bruce (1992, tableau 3), le taux de location annuel implicite d'un bien lié à la R-D d'une valeur de 1 000 dollars qui ne se déprécie pas serait de 39 \$ au Canada, de 52 \$ aux États-Unis et de 18 \$ au Japon.

imposable se situe entre 200 000 et 400 000 dollars<sup>58</sup>. Le Canada a aussi permis pendant un certain temps que les crédits d'impôt non utilisés soient transmis à des particuliers ou à des sociétés ayant un revenu imposable. La mesure fédérale adoptée à cette fin, le crédit d'impôt pour la recherche scientifique (CIRS) de 1984-1985, comportait un problème conceptuel : il permettait le transfert d'un crédit pour de la R-D qui n'avait pas encore été exécutée. Dans bien des cas, la R-D n'a jamais eu lieu et le gouvernement fédéral a perdu près de deux milliards de dollars en recettes fiscales au cours de la brève période où cette mesure s'est appliquée. La province de Québec a aussi fait l'expérience de régimes de transfert de crédit, mais elle a récemment annoncé qu'elle y mettait fin.

Un deuxième argument que l'on fait valoir est que les subventions peuvent s'accompagner de conseils professionnels utiles, ce qui n'est pas le cas des concessions fiscales. Les bénéficiaires des subventions, affirme-t-on, choisiront vraisemblablement de meilleurs projets et les mèneront à terme avec succès. Il s'ensuit que ces subventions «informées» ont plus de chance d'avoir un effet marginal positif et qu'elles peuvent produire des taux de rendement social plus élevés que les concessions fiscales. Le programme PARI du Conseil national de recherches est un exemple cité à cet égard. On soutient qu'un dollar consacré au PARI a un effet de levier «puissant». L'autre point de vue est que l'influence exercée par le gouvernement sur la sélection et le déroulement des projets de R-D n'a pas nécessairement un effet positif et que l'un des principaux avantages des stimulants fiscaux est qu'ils ne supposent pas la participation de l'État dans des décisions commerciales. Les données disponibles sur les subventions à la R-D sont examinées ci-après.

## **Les subventions**

### ***Aperçu des subventions à l'innovation***

L'importance des subventions industrielles au Canada a été estimée par Ronayne (1993). L'auteur a constaté que l'aide directe consentie à l'industrie (soit les subventions versées aux entreprises) avait diminué en pourcentage du PIB, bien que cette diminution ait été attribuable à l'abandon du programme de subventions à l'exploration pétrolière et

---

<sup>58</sup> Les crédits accordés à l'égard des bâtiments et du matériel servant à la R-D sont remboursables à 40 p. 100. Le montant de R-D admissible au crédit remboursable diminue de 10 dollar pour chaque dollar de revenu imposable en sus de 200 000 dollars, atteignant zéro lorsque le revenu imposable est de 400 000 dollars.

aux importations de pétrole<sup>59</sup>. De fait, sur les 14,2 milliards de dollars versés en subventions d'exploitation en 1991, près de 4 milliards de dollars représentaient les subventions à l'agriculture et au logement et celles accordées au réseau de télédiffusion nationale et à la Société des postes. Ronayne a aussi constaté que les gouvernements provinciaux représentaient une part croissante de l'aide directe versée aux entreprises.

Parmi les pays de l'OCDE, le Canada semble occuper un rang intermédiaire pour ce qui est de l'intensité des subventions. Ford et Suyker (1990, tableau 3) ont constaté que les subventions non agricoles représentaient 2,6 p. 100 du PIB non agricole au Canada en 1985, contre 0,5 p. 100 aux États-Unis, 1 p. 100 au Japon, 1,7 p. 100 en Allemagne, 2,9 p. 100 aux Pays-Bas et 7,6 p. 100 en Suède.

Les objectifs déclarés des programmes canadiens d'aide à l'industrie ont le plus souvent trait à l'innovation, à l'expansion des petites entreprises ou à l'emploi et à la formation, bien que 28 p. 100 des programmes (en nombre) aient pour objectif explicite «l'investissement en général», «l'aide à un secteur en particulier» et «l'aide régionale»; l'aide consentie en vertu de ces programmes pourrait aller à diverses activités. Ronayne (1993, tableau IV-5) a constaté que sur 127 programmes fédéraux et provinciaux d'aide décrits dans un guide publié sur les programmes d'aide industrielle au Canada, 22 p. 100 avaient comme principal objectif le soutien de la R-D ou de l'innovation, 21 p. 100 avaient comme objectif premier l'expansion des entreprises de petite et moyenne taille, tandis que 16 p. 100 étaient axés principalement sur l'emploi et la formation<sup>60</sup>.

La nature des programmes d'aide industrielle au Canada a changé au cours des dernières années (Doern, 1992, p. 56). Les subventions sont remplacées par des prêts remboursables<sup>61</sup>. Le soutien est orienté davantage vers des activités «pré-concurrentielles» ou «préalables à la production», par exemple des études de faisabilité, l'acquisition de technologies, la R-D et la modernisation, ainsi que la prestation de ce que l'on appelle des «services à valeur ajoutée» aux entreprises par les ministères qui accordent les subventions. Le soutien est soit non ciblé soit dirigé vers de grandes

---

<sup>59</sup> Jusqu'en 1985, le prix du pétrole produit au Canada était maintenu à un niveau inférieur au cours mondial. Les importateurs recevaient une subvention correspondant à la différence entre le cours mondial et le prix canadien.

<sup>60</sup> Ce guide s'intitule *Industrial Assistance Programs in Canada*, CCH Canadian Ltd, Don Mills, Ontario, 1991.

<sup>61</sup> Ce changement de politique a été annoncé dans le budget de février 1990 (ministère des Finances, Canada, 1990, p. 12). Dans le budget d'avril 1993, le ministre des Finances a affirmé que la politique visant à exiger le remboursement de la plupart des subventions et contributions aux entreprises par les ministères fédéraux... appuyait les efforts du gouvernement en vue d'orienter l'aide aux entreprises vers des investissements favorables au développement économique plutôt que de subventionner tout simplement le secteur privé (Finances Canada, 1993, p. 53).

catégories de produits comme les composants et systèmes micro-électroniques, les matériaux avancés ou la biotechnologie. Les critères des programmes mettent l'accent sur la coopération, les alliances et l'établissement de réseaux entre les entreprises. Les alliances peuvent comprendre des entreprises étrangères ou des établissements à but non lucratif. En somme, les programmes de soutien industriel d'Industrie Canada sont configurés de manière à être largement accessibles, à accorder le traitement national aux entreprises étrangères, à favoriser les infrastructures plutôt que la production et à comprendre un élément plus restreint de subvention explicite. Cette configuration peut aussi traduire l'influence de Porter et d'autres qui ont publié des travaux sur le rôle de l'effet de levier, les échecs passés des subventions ciblées, l'importance des systèmes et des grappes d'innovation, de même que les préoccupations à l'égard des mesures de représailles possibles de la part des États-Unis.

### ***Programmes de subventions appuyant l'innovation***

Les organismes du gouvernement fédéral ont consacré 977 millions de dollars aux activités scientifiques dans l'industrie canadienne en 1993-1994, dont des subventions (certaines étaient remboursables) et des contrats. Cela représente 16 p. 100 des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie. Le trait distinctif des contrats est que le gouvernement conserve les droits qui se rattachent à toute nouvelle technologie mise au point dans le cadre du contrat. L'élément de soutien d'un contrat de R-D provient des innovations secondaires ou de l'apprentissage sur le tas.

Les organismes ou ministères à l'origine de la plus grande partie de ces dépenses sont l'Agence spatiale canadienne, Industrie Canada, l'Agence canadienne de développement international, le ministère de la Défense nationale et le Conseil national de recherches. Les programmes de subventions sont administrés principalement par le ministère de l'Industrie et des Sciences et le Conseil national de recherches, les autres ministères et organismes intervenant principalement en accordant des contrats.

Le plus important programme de subventions administré par le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie est le Programme de productivité de l'industrie du matériel de défense (PPIMD). En place depuis 1960, ce programme vise à soutenir la R-D, l'acquisition de technologies, les études de faisabilité et l'établissement de fournisseurs; il offre une aide en capital pour la modernisation et la mise à niveau des industries du secteur de l'aérospatiale et de celui de la défense<sup>62</sup>. Les contributions

---

<sup>62</sup> L'établissement de fournisseurs correspond à l'accréditation d'une nouvelle source canadienne d'approvisionnement.

versées au PPIMD sont maintenant remboursables. Près de 60 p. 100 des déboursés au titre du PPIMD portent sur la R-D. Les filiales de grandes entreprises américaines telles que Pratt and Whitney, Litton Systems, Boeing et McDonnell Douglas ont été des bénéficiaires assidus de ces fonds. Les principaux bénéficiaires sont assujettis à un protocole d'entente (PE) par lequel ils s'engagent à atteindre certains objectifs de rendement explicites dans leurs opérations canadiennes.

L'autre grand programme de soutien à l'innovation est le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI). Les dépenses faites dans le cadre du PARI ont atteint 76 millions de dollars au cours de l'exercice 1991-1992. Le PARI offre de l'aide financière ainsi que des conseils et des renseignements techniques. À cet égard, il est considéré dans certains milieux comme un modèle de programme d'aide à l'innovation. Il a fait l'objet de nombreuses évaluations positives au fil des ans<sup>63</sup> et est l'un des quelques programmes dont le budget a été haussé dans un contexte de compressions budgétaires fédérales continues.

Le PARI est administré par le Conseil national de recherches (CNR) qui exploite les laboratoires de recherches nationaux du Canada et a acquis, en conséquence, une expertise considérable en gestion de projets de recherche.

Voici les mesures de soutien offertes dans le cadre du PARI :

- *Service de consultation sur le terrain* - Le CNR contribue au maintien d'un personnel de plus de 250 conseillers techniques sur le terrain qui peuvent venir en aide à l'industrie pour résoudre des problèmes locaux. Ces conseillers travaillent dans les conseils de recherche provinciaux, les associations de recherche industrielles, les établissements de recherche spécialisés et les sociétés-conseils; ils ont une expérience en gestion de la technologie dans les entreprises de plus petite taille. L'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST) du CNR fournit pour sa part des renseignements techniques.
- *Projets à court terme* - Les petites entreprises qui éprouvent des problèmes

---

<sup>63</sup> Le rapport de 1985 du Groupe de travail chargé de l'examen des programmes concluait que le «PARI donnait des résultats» et proposait au gouvernement de consolider ses efforts de transfert de technologie dans le cadre du PARI (p. 429). Le Conseil national consultatif des sciences et de la technologie (1992) est arrivé à la conclusion que le PARI ...affichait un excellent dossier de collaboration avec les organismes fédéraux, provinciaux et ceux du secteur privé, et qu'il devrait constituer le réseau technologique de base autour duquel le gouvernement procéderait à la consolidation et à la prestation des programmes (p. 18). Le Conseil cite une étude du Conseil national de recherches à l'appui de sa conclusion.

techniques ou qui ont besoin de faire des essais sont admissibles à des subventions pouvant atteindre 5 000 dollars par projet (jusqu'à trois projets par année) qui peuvent couvrir jusqu'à 65 p. 100 du coût des services de laboratoire ou des services de consultation.

- *Projets à moyen terme* - Les entreprises ayant moins de 200 employés peuvent obtenir une aide allant jusqu'à 100 000 dollars pour couvrir le coût des salaires des personnes affectées à la R-D appliquée et à l'ingénierie de nouveaux produits ou procédés.
- *Projets à long terme* - Le CNR offre de l'aide (dont le maximum n'est pas précisé) aux entreprises pour qu'elles profitent de la technologie ou des connaissances spécialisées qui se trouvent dans les laboratoires gouvernementaux, universitaires ou étrangers. L'entreprise met au point la technologie, le CNR assume les coûts du projet et accorde une licence d'exploitation à l'entreprise s'il s'avère que la technologie a une valeur commerciale.

Le ministère de l'Industrie et des Sciences administre divers programmes de portée plus restreinte qui visent à soutenir l'innovation industrielle. Parmi ceux-ci, il y a :

- *Le Programme de mise en valeur de la technologie (PMVT)* - Ce programme vise à améliorer l'infrastructure technologique en défrayant une partie des coûts d'exploitation initiaux des organismes à but non lucratif qui offrent des services de développement technologique, de diffusion ou de formation axés sur des compétences critiques à l'industrie. De l'aide de soutien couvrant une partie des coûts d'exploitation peut également être offerte.
- *Le Programme de la microélectronique et du développement des systèmes (PMDS)* - Ce programme couvre une partie des coûts des projets de R-D visant à appliquer la microélectronique ou des logiciels évolués dans les industries de fabrication, de traitement ou de service. Les contributions doivent être remboursées au delà de certains plafonds prescrits. La préférence est accordée aux entreprises qui collaborent avec des partenaires canadiens et étrangers.
- *Le Programme des technologies stratégiques* - Ce programme appuie des alliances de R-D pré-commerciales dans des secteurs de pointe et des alliances visant l'application de la technologie dans les secteurs de la

technologie de l'information, de la biotechnologie et des matériaux industriels avancés. La préférence est accordée aux projets qui engendrent des liens importants au Canada en vue de la diffusion rapide de la technologie et du savoir-faire, qui font appel à des ressources canadiennes clés, qui portent sur des technologies nouvelles pour le Canada ou qui ont un potentiel commercial important. Les alliances axées sur les applications de la technologie peuvent regrouper des utilisateurs ou des développeurs. L'aide porte sur une partie ou un pourcentage des coûts du projet.

- *Le Programme de R&D et d'innovation de l'industrie forestière* - Ce programme vise à appuyer les alliances de R-D pré-commerciales et les alliances axées sur l'application de la technologie dans les industries de l'exploitation forestière et des machines utilisées dans ce secteur. Les critères d'attribution de l'aide sont les mêmes que ceux du *Programme des technologies stratégiques*.

### ***Évaluation des programmes de subventions***

Les évaluations économiques systématiques des programmes de subventions à l'innovation au Canada remontent à plusieurs années. Les travaux récents sur les programmes d'innovation industrielle n'évaluent pas leur contribution économique. Ces évaluations ont principalement un caractère organisationnel et débouchent sur des propositions de consolidation des programmes, de meilleure coordination et d'énoncés de mission plus explicites.

Les évaluations antérieures avaient remis en question les avantages économiques des programmes de subventions à l'innovation. Un examen des subventions versées par le gouvernement fédéral à des projets d'innovation *privés* a mené à la conclusion que, dans le cas du programme le plus ancien et le plus important ( le Programme de productivité de l'industrie du matériel de défense (PPIMD) ) il y a des raisons de douter que le Canada ait obtenu une valeur adéquate en contrepartie des montants versés dans le cadre du programme (Tarasofsky, 1984, p. 66). En ce qui a trait au PARI, Tarasofsky considérait que la question de l'efficacité demeurait «ouverte»<sup>64</sup>. D'autres évaluations ont été plus

---

<sup>64</sup> Les deux programmes comportent un degré élevé de soutien aux bénéficiaires. Les remboursements en vertu du PPIMD demeurent relativement peu importants (10 millions de dollars en 1992 et 13 millions de dollars en 1993), ce qui pourrait signifier que les projets appuyés par le PPIMD ont un succès financier limité. Les premières évaluations du PARI ont été correctement jugées par Tarasofsky (1984, p. 60) comme ayant de sérieuses lacunes sur le plan méthodologique. Ces lacunes étaient notamment que l'on avait sélectionné uniquement des projets réussis, que l'on attribuait une part

favorables à l'égard du PARI (Groupe de travail chargé de l'examen des programmes, 1985; Conseil national consultatif des sciences et de la technologie, 1992).

Dans son évaluation des programmes fédéraux d'aide à la R-D dans le secteur de l'énergie, McFetridge (1987) est arrivé à la conclusion suivante :

La R-D dans le secteur de l'énergie fait bonne figure en comparaison des autres activités de R-D appuyées par le gouvernement fédéral. Il y a plusieurs raisons à cela. Les activités y sont axées sur la résolution de problèmes techniques particuliers auxquels font face diverses industries. Dans la plupart des cas, les subventions n'ont pas servi à soutenir de nouvelles entreprises ou des entreprises en difficulté, ou encore des entreprises établies dans des régions défavorisées. Elles n'ont pas été utilisées pour permettre à des entreprises individuelles de mettre au point des technologies exclusives destinées à être vendues sur les marchés étrangers. L'accent a été mis sur la résolution de problèmes technologiques qui se posaient à la grandeur d'une industrie ou dans plusieurs industries. La recherche a été guidée conjointement par des spécialistes de l'industrie et des scientifiques du gouvernement. La recherche a, en grande partie, été confiée en sous-traitance.

Contrairement à d'autres programmes fédéraux de R-D, les fonds accordés à la R-D dans le secteur de l'énergie n'ont pas servi à aider des entreprises individuelles. Ils ont été orientés vers la résolution de problèmes technologiques se posant à la grandeur d'une industrie, notamment ceux liés à l'exploitation des ressources uniques au Canada<sup>65</sup> (p. 72-73).

La plupart des données sur l'effet marginal des subventions remontent à plusieurs années. Tarasofsky (1983, p. 79) a observé que les subventions à la R-D accordées dans le cadre du Programme de développement des entreprises (PDE) entre 1977 et 1980 avaient accru les dépenses de R-D dans les entreprises bénéficiaires de 0,47 \$ et de 0,63 \$ par dollar de subvention reçu, respectivement, dans le secteur des produits électriques et celui des machines et du matériel. En se rappelant que les estimations de la sensibilité des dépenses de R-D aux subventions fiscales se situent entre 0,60 \$ et 1,00 \$ par dollar

---

excessive des ventes à l'aide versée dans le cadre du PARI et que l'on utilisait des «multiplicateurs» ne tenant pas compte des coûts d'opportunité.

<sup>65</sup> McFetridge poursuit en faisant valoir que si la mise au point de technologies de propriété exclusive par des entreprises individuelles ne devrait pas constituer l'objectif premier des programmes fédéraux orientés vers la R-D dans le secteur de l'énergie, le succès commercial n'est pas pour autant à négliger. Il fait remarquer que la pile rechargeable au bisulfite de lithium et molybdène, mise au point par la société Moli Energy Ltd., est souvent citée comme un exemple de réussite commerciale d'une innovation de propriété exclusive mise au point grâce à l'aide fédérale. Quatre ans plus tard, Globerman (1991) a repris l'histoire de la société Moli :

Lorsqu'un téléphone portable utilisant des piles de la société Moli a pris feu, cela a déclenché une crise financière qui a mis fin aux espoirs de cette société de former le noyau d'une industrie de haute technologie dans la province [...] Au moment d'écrire ces lignes, on procédait à la vente des biens de la société Moli à une fraction de leur valeur comptable (p. 259).

de recettes fiscales non perçues, cela veut dire que les dépenses de R-D sont au moins aussi sensibles aux stimulants fiscaux qu'aux subventions.

L'expérience liée à l'incidence marginale des études de modernisation peut aussi être instructive. Des programmes d'aide ont été offerts à l'industrie des pâtes et papiers (1979-1984), à celle de la construction navale (1975-1985) et à celles de la chaussure, du textile et du vêtement (1981-1986). Les subventions versées aux industries des pâtes et papiers et à celles de la chaussure, du textile et du vêtement portaient sur la modernisation des équipements; dans l'industrie de la construction navale, les subventions avaient trait à la construction de navires. Pratiquement toute l'activité qui se déroule dans cette industrie à l'heure actuelle provient de commandes gouvernementales.

Après avoir étudié le fonctionnement de ces programmes de subventions, le Conseil économique du Canada (1988) est arrivé à la conclusion suivante :

Les subventions accordées aux entreprises et aux industries pour la modernisation de leurs équipements n'ont pas favorisé le rajustement de celles-ci, en dépit des objectifs visés. Même s'il est possible en théorie de susciter des investissements marginaux dans le secteur privé par des subventions, notre examen des subventions de capital a mené aux conclusions suivantes : 1) de façon générale, les subventions à la modernisation n'ont pas eu d'effet marginal ) elles n'ont pas habituellement incité les entreprises à faire des investissements supplémentaires; 2) les programmes de subventions ne pouvaient se justifier sur le plan de l'efficacité ou de l'équité (p. 29).

## **Les achats publics**

La politique d'achats publics est considérée comme un moyen pouvant être efficace pour soutenir l'innovation dans certaines circonstances. Il ne semble pas y avoir eu d'évaluation formelle de l'efficacité des politiques d'achats comme moyen de soutenir l'innovation. Cela supposerait une comparaison de la prime versée, par rapport à l'achat de biens et services «déjà disponibles sur le marché» (auxquels s'ajouterait le fardeau supplémentaire correspondant à la prime), pour les innovations portant sur des produits ou des procédés suscitées par la demande gouvernementale et les retombées avantageuses sur le marché intérieur de ces innovations.

Les achats publics ont été un instrument efficace au sens plus restreint où ils ont suscité ou accéléré l'innovation sur les marchés où le secteur public est un client important et sérieux pour les nouveaux produits (Nelson, 1982; Porter, 1990, 1991;

Dalpe, DeBresson et Xiaoping, 1992). Lorsque le gouvernement est un client marginal, indifférent ou indécis, le levier des achats publics n'a pas donné de bons résultats.

Dalpe et coll. ont constaté que le secteur public au Canada avait été un premier utilisateur relativement important des innovations dans certains secteurs. Il ont aussi constaté que l'importance du rôle du secteur public comme premier client augmentait parallèlement avec la nouveauté de l'innovation. Les auteurs ont repéré neuf secteurs où l'effet de levier des achats publics peut avoir eu un effet significatif sur l'innovation : les meubles de bureau, les autres produits en papier, les aéronefs, le matériel ferroviaire roulant, la construction navale, les autres matériels de transport, le matériel de télécommunication, les produits pharmaceutiques et les instruments scientifiques.

Le Québec fait figure de pionnier dans l'utilisation des achats publics «stratégiques» à des fins de développement industriel. Selon le Conseil du premier ministre de l'Ontario, un certain nombre de grandes sociétés informatiques du Québec ayant connu le succès doivent leur existence à la décision prise par le gouvernement du Québec de s'adresser à des sous-traitants pour combler ses besoins de services de systèmes informatiques dans les secteurs de la santé et de l'éducation (1988, III, p. 67). Il s'agissait de contrats à long terme, représentant des sommes importantes et comportant des spécifications rigoureuses. On a aussi attribué aux politiques d'approvisionnement d'Hydro Québec le développement du secteur du génie-conseil et celui de la distribution électrique au Québec (Conseil du premier ministre de l'Ontario, 1988, II). Certaines des pratiques liées à la stratégie d'achats publics du Québec traduisent les meilleurs aspects de ce que recommande Michael Porter et d'autres ) des contrats importants, de longue durée, concurrentiels et exigeants sur le plan technique, confiés à des fournisseurs indépendants qui sont mieux placés que les ministères et les entreprises publiques pour exploiter les économies de diversification et les innovations dérivées.

### **Le financement concessionnel**

Ces dernières années, on a reconnu davantage le rôle joué par le système financier (ou «l'infrastructure financière») en vue de faciliter l'innovation. Le système financier répartit le capital, il supervise l'utilisation des ressources financières et fournit des renseignements aux investisseurs. Les institutions financières nationales assument ces fonctions avec une efficacité variable. Tout au long des années 80, les auteurs dans le domaine de la politique industrielle ont été fascinés par ce que l'on appelle les systèmes

financiers centrés sur les banques<sup>66</sup>. Plus récemment, on a reconnu la souplesse, la capacité d'adaptation et la robustesse des systèmes financiers orientés vers les marchés de valeurs mobilières. Notamment, on a reconnu le lien existant entre la présence de marchés boursiers efficaces et l'importance des retombées et de la création de nouvelles entreprises dans une économie.

L'efficacité du système financier repose sur de nombreux facteurs, dont l'examen déborde du cadre du présent rapport. S'il est très facile de déceler des «imperfections» dans la façon dont les activités innovatrices sont financées, il est par contre très difficile de trouver des arguments persuasifs pour démontrer qu'il est avantageux de tenter de les surmonter par le truchement des programmes gouvernementaux et des institutions financières. Des innovations institutionnelles récentes dans le dispositif de prêt des gouvernements ont peut-être permis de corriger certaines des lacunes observées dans les programmes antérieurs.

Les gouvernements peuvent ou non disposer d'un avantage par rapport au marché pour ce qui est d'étaler ou de partager les risques. Reconnaisant que leur mandat était d'assumer certains risques à des conditions préférentielles, des prêteurs gouvernementaux, comme la SDI au Québec, ont tenté de mettre au point des instruments plus appropriés (compatibles avec les stimulants).

On a aussi reconnu que le financement des entreprises innovatrices souffrait davantage d'un manque de connaissances spécialisées parmi les emprunteurs et les prêteurs que d'une pénurie de capitaux. Une innovation financière récente au Québec, *Innovatech*, vise à solutionner ce problème. Il s'agit d'un fonds d'investissement en haute technologie qui concentre ses activités dans la région métropolitaine de Montréal. Ce fonds est géré par un conseil d'administration indépendant constitué de représentants de l'industrie, en collaboration avec d'autres fonds de placement. Une bonne partie de son portefeuille est consacrée à des apports de capitaux dans de nouvelles entreprises. On affirme que le fonds profite d'un niveau élevé d'expertise et opère avec un minimum d'intervention bureaucratique (*Research Money*, 28 avril 1993, p. 1 et 2; le 24 novembre 1993, p. 3).

L'Ontario a récemment tenté de d'atténuer la pénurie perçue de capitaux d'investissement «patients» et informés pour les entreprises à fort contenu de

---

<sup>66</sup> Le Conseil consultatif national des sciences et de la technologie (1991) a fait valoir que l'on devrait permettre au Canada qu'il y ait des liens de propriété comme ceux existant en Allemagne entre les banques à charte et le secteur «réel» de l'économie.

connaissances, en créant le *Ontario Lead Investment Fund*<sup>67</sup>. Le gouvernement et six partenaires du secteur privé ont versé 70 millions de dollars à un fonds qui sera investi par des sociétés d'investissement spécialisées (SIS) constituées de gestionnaires de placements, d'entreprises de capital de risque et d'autres. On prévoit que les SIS contribueront une somme supplémentaire de 140 millions de dollars. Une incitation financière à la participation du secteur privé est la part limitée revenant à l'État de tout bénéfice tiré des placements faits par le fonds (*Research Money*, le 24 novembre 1993, p. 2).

---

<sup>67</sup> La question du «capital patient» a été en grande partie résolue. Il s'avère que les marchés de capitaux n'ont pas de préjugé défavorable à l'égard des investissements à long terme et de la R-D, comme certains observateurs de la politique industrielle l'ont affirmé. Le coût du capital a eu tendance à se niveler à l'échelon international alors que des pays comme le Japon ont supprimé les contrôles imposés sur les mouvements de capitaux. Le coût du capital au Canada est peut-être encore plus élevé qu'aux États-Unis. Le Conseil consultatif national des sciences et de la technologie (1991) y a vu la conséquence des déficits budgétaires du gouvernement plutôt qu'un manque de patience de la part des prêteurs canadiens.

## CINQUIÈME PARTIE

### MODÈLES D'INNOVATION ET POLITIQUE PUBLIQUE

#### **Modèle linéaire et modèle de rétroaction de l'innovation**

Le modèle linéaire de l'innovation présente le processus d'innovation comme un continuum qui débute par la recherche fondamentale pour passer à la recherche appliquée et, ensuite, au développement et à la commercialisation. La causalité va de la science élémentaire à l'innovation technologique. La découverte scientifique est considérée en grande partie comme exogène.

Ce modèle linéaire a été remis en question dans une série d'articles publiés par Nathan Rosenberg, qui a fait valoir l'argument essentiel que le processus d'innovation est cumulatif et interactif. Les participants au processus profitent de leurs contacts réciproques. Rosenberg soutenait que le processus n'est pas linéaire; plutôt, il est caractérisé par une rétroaction.

Un exemple à cet égard est ce que l'on appelle l'exogénéité de la science fondamentale. Rosenberg a présenté des exemples historiques de cas où les progrès scientifiques ont été facilités par l'innovation technologique. Dans certains cas, les progrès de la recherche appliquée ont éclairé la démarche de personnes engagées dans des travaux de recherche fondamentale. C'est le cas de la découverte des ondes émises par les étoiles et, par la suite de l'apparition de la radio-astronomie, redevable aux recherches faites sur les causes des interférences dans les transmissions radiotéléphoniques.

Dans d'autres cas, la recherche fondamentale a été facilitée par des améliorations technologiques des instruments scientifiques et des méthodes de calibration et de mesure. Parfois, il s'agissait simplement de l'adoption de meilleures techniques de fabrication. Les méthodes et les normes de calibration et de mesure sont depuis peu appelées les *infratechnologies* et leur contribution à la productivité des travaux de recherche fondamentale et appliquée et aux activités commerciales est maintenant reconnue.

Un deuxième exemple est celui du rôle des «utilisateurs» dans le processus d'innovation. Dans le modèle linéaire stylisé, les utilisateurs se retrouvent simplement au bout du processus, acceptant tout ce qui en ressort. Rosenberg a présenté des exemples de cas où les utilisateurs étaient à l'origine d'idées ayant débouché sur des innovations et ayant participé au processus d'innovation lui-même. Le trait par contre plus répandu est la participation des utilisateurs au processus cumulatif représenté par les améliorations

modestes apportées à des technologies existantes, par exemple celles de la turbine à vapeur ou de l'avion à réaction servant au transport des passagers. Rosenberg appelle ce processus *l'apprentissage par l'usage*. Il insiste à la fois sur l'élément de collaboration et sur l'importance quantitative du processus. C'est le cumul de modifications et d'améliorations modestes qui est responsable de la plus grande partie des gains de productivité découlant de l'application d'une nouvelle technologie.

Rosenberg a signalé de nombreux autres cas où les hypothèses du modèle linéaire ne tiennent pas. Il a présenté des exemples (dans les domaines de la métallurgie et du raffinage du pétrole) où l'innovation technologique s'est produite avant que l'on comprenne les principes scientifiques fondamentaux sous-jacents<sup>68</sup>. Rosenberg a aussi fait remarquer que le fondement scientifique des innovations technologiques était souvent attribuable à des développements survenus dans d'autres secteurs éloignés de la technologie<sup>69</sup>. Aussi, le développement de la science fondamentale connexe n'est parfois ni nécessaire ni suffisant à l'innovation technologique.

De nombreux travaux ont été entrepris dans le sillage de ceux de Rosenberg. De nouvelles questions sont aussi apparues.

Le lien entre la science et la technologie se renforce. La recherche et l'ingénierie assistées par ordinateur ont abrégé les délais de développement; les découvertes scientifiques ont plus souvent des applications commerciales immédiates; l'ingénierie est de plus en plus axée sur les sciences; enfin, les innovations technologiques ont plus de chance d'avoir une pertinence scientifique immédiate. Les distinctions entre la science et la technologie et entre les diverses étapes du processus d'innovation sont moins nettes.

Paul David affirme que le personnel affecté aux travaux de recherche et de développement ne se distingue plus en fonction de ce qu'il fait mais plutôt en fonction du

---

<sup>68</sup> Mowery et Rosenberg (1989, p. 33) ont écrit que la séquence selon laquelle les connaissances technologiques précèdent les connaissances scientifiques n'est aucunement disparue au vingtième siècle. Une bonne partie du travail des scientifiques porte de nos jours sur la systématisation et la restructuration, dans un modèle cohérent, de connaissances et de solutions et méthodes pratiques préalablement élaborées par un technologue. La technologie a façonné la science de façons importantes parce qu'elle a été la première à acquérir certaines connaissances et à fournir les données qui ont constitué la «matière explicative» des scientifiques qui tentaient de rendre compte ou de codifier ces observations à un niveau plus fondamental.

<sup>69</sup> Rosenberg (1982, p. 75) a écrit ce qui suit : Mais souvent, une innovation de l'extérieur ne se limitera pas à abaisser le prix d'un produit dans l'industrie d'accueil, mais rendra possible la mise au point de produits ou de procédés entièrement nouveaux ou considérablement améliorés. Dans ces circonstances, il devient très difficile de même proposer des mesures raisonnables des retombées positives de l'innovation qui a déclenché le processus parce que les innovations de ce genre ouvrent des possibilités économiques entièrement nouvelles et deviennent la base d'une expansion industrielle de large portée ailleurs.

système de stimulants économiques dans lequel il opère. Les catégories de la R-D fondamentale et de la R-D appliquée ne sont plus utiles. Une distinction plus pratique est celle faite entre les connaissances librement accessibles et les connaissances de propriété privée (dont l'accès est restreint). Ainsi, il y a un stock de «connaissances scientifiques accessibles» ou de connaissances scientifiques et technologiques de propriété publique. Ce stock est alimenté par les travaux de recherche appliquée et de développement de même que par la recherche élémentaire ou fondamentale<sup>70</sup>. Le stock de connaissances scientifiques accessibles est également enrichi par ce que l'on en est venu à appeler la R-D préconcurrentielle ) les travaux de R-D applicables à divers utilisateurs et pouvant être partagés par eux, même s'ils sont en concurrence les uns les autres. La R-D préconcurrentielle peut se limiter à des recherches fondamentales dans certains secteurs, mais elle peut s'étendre aussi à des travaux de recherche appliquée et de développement dans d'autres.

Une autre distinction utile est celle faite entre les connaissances codifiées et les connaissances tacites. Les connaissances codifiées sont plus facilement accessibles que les connaissances tacites. Ce qui est codifié et ce qui demeure tacite est déterminé en partie par les stimulants économiques et en partie par les possibilités technologiques. Les connaissances peuvent demeurer sous forme tacite pour en renforcer l'exclusivité, c'est-à-dire, empêcher qu'elle ne passent dans le stock de connaissances scientifiques accessibles.

Henry Ergas a fait valoir que l'utilisation accrue de l'informatique au niveau de la conception, de l'expérimentation et des essais facilitait la formalisation et la codification d'une part plus grande du stock de connaissances. Une conséquence de cela est que le savoir devient de plus en plus facilement transférable. La diffusion est plus rapide et moins coûteuse. Le secret est devenu une option moins viable et la mesure dans laquelle on peut protéger l'exclusivité des connaissances est peut-être en déclin.

Les innovations couronnées de succès comportent le plus souvent une recombinaison ou une intégration de connaissances existantes provenant de diverses sources. Le modèle linéaire de la R-D interne, suivie par la commercialisation, convient de moins en moins pour décrire le processus d'innovation. De fait, on est peut-être arrivé au terme de la période de domination du processus d'innovation par les laboratoires de R-D des entreprises, lesquels cèdent la place à des réseaux, à des alliances et à d'autres modalités de collaboration auxquels participent ce que l'on appelait autrefois les établissements de recherche «fondamentale».

---

<sup>70</sup> Cette représentation soulève la question de savoir si cette «communauté intellectuelle» peut être surexploitée. Evenson (1993) a fait valoir que si les idées que renferme le stock de connaissances publiques s'épuisent plus rapidement que l'on est en mesure de reconstituer ce stock, la productivité des ressources consacrées à la recherche privée diminuera, comme cela s'est d'ailleurs produit au cours des années 80.

L'évolution de la nature du processus d'innovation s'est accompagnée de nombreux changements institutionnels. On observe des liens de plus en plus étroits entre les universités et d'autres établissements de recherche «fondamentale» et entreprises commerciales. Les laboratoires gouvernementaux prennent une orientation de plus en plus commerciale (Niosi et Manseau, 1994).

De nouveaux modèles de coopération ont fait leur apparition. Celui dont on parle le plus est l'alliance stratégique. Ces alliances et leur composition traduisent la diversité de plus en plus grande des sources de technologie auxquelles puisent les innovateurs.

Au sein des organisations innovatrices actuelles, on met de plus en plus l'accent sur l'accès aux sources «extérieures» de connaissances. La recherche appliquée et le développement sont valorisés pour leur potentiel «d'échange» dans une alliance stratégique autant que pour leurs possibilités commerciales intrinsèques. La recherche, y compris la recherche fondamentale, est considérée comme précieuse en raison des indications qu'elle fournit aux participants sur les applications possibles des idées des autres.

### **Le modèle linéaire et les politiques gouvernementales**

Le modèle linéaire stylisé, conjugué à la théorie économique des biens publics appliquée à l'innovation, supposait que la recherche fondamentale se déroule principalement dans les universités ou, lorsque la sécurité nationale est en jeu, dans les laboratoires gouvernementaux. Dans ce modèle, la recherche appliquée et le développement doivent être effectuées par le secteur privé, principalement dans les laboratoires des sociétés ou, dans le cas des industries atomistiques, par des associations sectorielles.

Le gouvernement dispose de trois méthodes pour favoriser l'innovation. La première consiste à définir et à appliquer des droits de propriété intellectuelle. Ces droits permettent aux innovateurs d'obtenir une partie de la valeur sociale de leurs innovations, ce qui les incite à s'engager dans des activités innovatrices. L'État peut aussi soutenir financièrement les activités innovatrices soit en versant directement des subventions aux institutions (universités, organismes à but non lucratif, sociétés industrielles) engagées dans de telles activités soit, dans le cas de l'entreprise privée, en accordant des concessions fiscales ou des prêts à des conditions préférentielles. Enfin, le gouvernement peut acquérir des services orientés vers l'innovation. Ces services peuvent être achetés auprès de fournisseurs indépendants (sous-traitants), ou encore le gouvernement peut produire lui-même les services dont il a besoin.

On reconnaît généralement qu'il est difficile de définir et de faire respecter les droits de propriété à l'égard des connaissances scientifiques fondamentales. Le modèle linéaire suppose qu'il n'y a pratiquement aucune incitation privée à faire de la recherche fondamentale, définie comme étant la recherche qui n'a en apparence aucune application commerciale. On ne peut prévoir facilement où et quand ces activités engendreront une valeur économique. Le modèle linéaire suppose par conséquent que toute recherche fondamentale devra être fortement subventionnée ou être menée directement par l'État.

Le modèle linéaire définit la recherche appliquée et le développement comme étant des activités qui ont une application commerciale possible. Les droits de propriété intellectuelle et le droit des contrats (secrets commerciaux) permettent aux innovateurs de toucher une partie de la valeur commerciale de leurs innovations. Il y a alors une incitation privée à s'engager dans des activités de recherche appliquée et de développement. Cela suppose que les subventions et les achats gouvernementaux joueront un rôle plus modeste ou même aucun dans certains cas.

En somme, le modèle linéaire suppose non seulement une évolution allant de la science fondamentale à la science appliquée, au développement et à la commercialisation, mais aussi une progression qui va d'un soutien direct important de l'État aux premières étapes à un soutien direct limité aux étapes ultérieures.

### **Le modèle de rétroaction et les politiques gouvernementales**

Le modèle de rétroaction met l'accent sur la nature cumulative et interdépendante du processus d'innovation. Selon ce modèle, la recherche dite fondamentale peut avoir un potentiel commercial et, par conséquent, il y a une certaine incitation privée à s'engager dans ces activités. Les entreprises commerciales sont enclines à mener elles-mêmes des travaux de recherche fondamentale et à participer à des alliances avec des universités et des institutions à but non lucratif. Le modèle de rétroaction suppose que le soutien de la recherche fondamentale proviendra de plus en plus de secteurs autres que le gouvernement. La règle simple selon laquelle la recherche fondamentale relève de la seule responsabilité de l'État ne s'applique plus. La tâche qui nous attend est de concevoir des modalités institutionnelles qui permettront le soutien commercial et l'application des travaux de recherche fondamentale sans compromettre la sélection des projets ou l'évaluation des travaux de recherche par les pairs<sup>71</sup>.

---

<sup>71</sup> Feller (1989) a conclu sa description de l'état des programmes de technologie avancée aux États-Unis en faisant observer que, dans chaque cas, la stratégie de l'État est fondée sur la croyance largement partagée que le décalage entre les progrès de la connaissance «fondamentale» et du savoir «commercial» a été comprimé et que la course au succès économique sera remportée par l'entité (nation, entreprise, État) la mieux en mesure de former des «partenariats» ou des

Le modèle de rétroaction suppose en outre que la recherche appliquée et le développement engendreront, entre autres retombées positives, des possibilités dans des secteurs de l'économie techniquement éloignés, tout en offrant à ceux qui sont engagés dans des activités de recherche fondamentale des indices, des méthodes et de meilleurs outils de travail. Des technologies génériques, d'application étendue, peuvent découler tout autant de travaux de recherche appliquée ou de développement que de travaux de recherche fondamentale. Ainsi, le modèle de rétroaction soutient que les externalités de la recherche appliquée et du développement peuvent être plus importantes et de portée plus vaste que celles que laisse entrevoir le modèle linéaire. L'argument en faveur du soutien gouvernemental de la recherche appliquée et du développement soit par l'octroi de subventions soit par des achats publics est, par conséquent, plus convaincant. Ce soutien pourrait prendre la forme d'une participation accrue des laboratoires gouvernementaux à des projets de recherche appliquée et de développement, ou encore de subventions ou de concessions fiscales plus importantes aux entreprises commerciales, aux consortiums et aux associations sectorielles engagés dans des activités de recherche appliquée et de développement. Il en découle aussi la nécessité d'envisager le rôle de la propriété intellectuelle comme un moyen de favoriser une plus grande diffusion des nouvelles connaissances technologiques.



## SIXIÈME PARTIE L'ÉCONOMIQUE, L'ÉCONOMIE POLITIQUE ET LES MODÈLES D'INNOVATION

L'analyse du rôle du secteur public dans le système d'innovation nécessite l'intégration de trois courants de pensée ou «modèles». Le modèle du marché ou de l'efficience (de l'affectation des ressources) a comme conséquence normative que le «gouvernement» devrait orienter les ressources vers des activités qui promettent d'avoir les retombées positives les plus importantes. Le modèle suppose aussi que l'innovation technologique, en raison de ses propriétés de «bien public», aura probablement d'importantes retombées positives. Mais ce modèle est plutôt vague en ce qui a trait aux catégories d'activités innovatrices qui pourraient donner lieu aux retombées positives les plus importantes. La théorie économique de la démocratie s'intéresse à ce qui constitue le «gouvernement». Elle prédit que l'État n'agira vraisemblablement pas comme un planificateur social en maximisant le revenu national présent et futur. Plutôt, la politique gouvernementale aura tendance à traduire l'interaction de groupes d'intérêts rivaux. Dans certains cas, la conjonction des groupes d'intérêts pourra être telle que le gouvernement sera en mesure de réaffecter des ressources vers des activités qui engendrent des retombées positives élevées. Si ces retombées sont plus importantes que les pertes (sèches) attribuables aux effets de distorsion des impôts requis, le revenu national augmentera. Il y a des raisons de penser que des coalitions efficaces de groupes d'intérêts appuyant l'innovation technologique ne se forment que rarement et que ce qui a été tenu pour un appui à l'innovation pourrait en partie avoir été motivé d'abord par des considérations de redistribution du revenu<sup>72</sup>. De même, lorsqu'il y a une coalition efficace en faveur de l'innovation, la conception et la gestion de ce soutien peuvent être handicapées par la recherche de rentes. Cette probabilité est d'autant plus grande que sont importants les intérêts commerciaux ou privés en jeu. C'est pourquoi on fait souvent valoir que le soutien public de l'innovation devrait se limiter à la R-D préconcurrentielle et aux technologies génériques.

Les modèles de l'innovation tentent d'expliquer comment celle-ci se produit. Historiquement, ils ont mis l'accent sur la nature cumulative et interactive du processus d'innovation. Plus récemment, ils ont fait ressortir que les nouvelles connaissances

---

<sup>72</sup> Dans la mesure où ils trouvent cela avantageux, ceux qui sont engagés dans des activités de recherche de rentes feront valoir que ces activités comportent des avantages ou des retombées positives importantes. C'est ainsi que l'on fait valoir que l'investissement de fonds publics dans des loges de stade luxueuses ou dans des centres de congrès «créent» de nouveaux emplois et que les salaires versés constituent des «avantages».

génériques ayant une application étendue et durable et qui pourraient ainsi avoir des retombées positives importantes ne sont pas uniquement le produit de la recherche scientifique fondamentale.

Dans le modèle linéaire stylisé de l'innovation, on confondait la R-D préconcurrentielle avec la recherche fondamentale et la technologie générique avec la science. Étant donné que les établissements de recherche scientifique fondamentale étaient facilement identifiables (universités et institutions à but non lucratif), on pouvait s'en tenir à une règle de soutien relativement simple. Cela minimisait aussi les problèmes politiques issus de la rivalité des intérêts commerciaux.

Le modèle de rétroaction de l'innovation met l'accent sur l'omniprésence des externalités. Ce modèle insiste sur le fait que les retombées positives peuvent provenir de la recherche appliquée et du développement tout autant que de la recherche fondamentale, et des améliorations technologiques tout autant que des découvertes scientifiques. Ce qui est de nature générique et préconcurrentielle varie selon l'industrie. De fait, cela peut varier d'une activité à l'autre dans une même industrie. Cette réalité vient compliquer la répartition du soutien gouvernemental. Aucun ensemble d'institutions ne peut être identifié comme la source principale des retombées. L'application de règles simples signifierait probablement que le gouvernement participe à des innovations de propriété privée dans certaines industries et n'intervienne pas pour appuyer la R-D générique dans d'autres. Définir des règles plus précises serait difficile. De fait, dans un contexte où la politique est influencée par des groupes de pression et où interviennent des intérêts bureaucratiques, la perspective d'une répartition de l'aide gouvernementale en fonction de la divergence observée entre les taux de rendement social et privé semble éloignée<sup>73</sup>.

Il y a pourtant des raisons d'être optimiste. L'évolution institutionnelle procède rapidement sur la voie de la décentralisation. Nous n'avons pas besoin de plans d'ensemble produits par l'État. Dans de nombreux cas, les gouvernements ne peuvent être que des participants dans ce processus en constante évolution. Ainsi, le modèle de rétroaction reconnaît une communauté d'intérêts entre le secteur des affaires et les universités qui suppose une collaboration plus étroite entre les deux. Le modèle de rétroaction considère le secteur des entreprises comme une source éventuellement importante de soutien de la recherche universitaire. Le rôle de l'État est de veiller à ce que les universités disposent de la souplesse requise pour participer à de telles modalités.

Pour prendre un autre exemple, le modèle de rétroaction reconnaît que les

---

<sup>73</sup> Ainsi, le *Council on Competitiveness* (1991) a pu définir des technologies génériques mais il a aussi précisé un ensemble de technologies «critiques» où les États-Unis avaient perdu du terrain au profit des Japonais.

recherches effectuées dans les laboratoires gouvernementaux peuvent avoir des applications commerciales, soit d'elles-mêmes soit conjuguées à d'autres technologies. Ce modèle encourage donc la participation des laboratoires gouvernementaux à des projets de recherche en collaboration, ce qui comprend des travaux confiés en sous-traitance ou réalisés à l'interne, des alliances ou des consortiums<sup>74</sup>. Le modèle laisse penser, comme l'a reconnu le Conseil consultatif national des sciences et de la technologie, que l'organisation interne et la structure des stimulants dans les établissements de recherche gouvernementaux pourraient devoir être modifiées si l'on veut qu'ils aient une interaction efficace avec les autres intervenants du système d'innovation.

---

<sup>74</sup> Le modèle de rétroaction explique pourquoi la collaboration entre les laboratoires gouvernementaux et le secteur des entreprises peut être productive. Cela n'équivaut pas à exiger que les laboratoires gouvernementaux gagnent suffisamment de recettes commerciales pour couvrir leurs frais. Une telle exigence peut être vue comme une solution au problème de l'obligation de rendre des comptes dans la mesure où elle peut contribuer à ce que les laboratoires gouvernementaux s'engagent dans des travaux de recherche utiles. Mais il n'est ni nécessaire ni suffisant d'imposer une telle condition d'équilibre budgétaire pour garantir l'utilité des recherches entreprises.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arrow, K., «Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention», paru dans *The Rate and Direction of Inventive Activity*, ouvrage publié sous la direction de R. Nelson, Princeton University Press, Princeton, 1992, p. 609-625.
- Banks, J., «The Space Shuttle», paru dans *The Technology Porkbarrel*, ouvrage publié sous la direction de L. Cohen and R. Noll, The Brookings Institution, Washington (DC), 1991, p. 179-216.
- Becker, G., «A theory of competition among pressure groups for political influence», *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 98, août 1983, p. 371-400.
- Becker, G., «Public policies, pressure groups and deadweight costs», *Journal of Public Economics*, vol. 28, 1985, p. 329-347.
- Bernstein, J., «International R&D Spillovers Between Industries in Canada and the United States», document de travail n° 3, Industrie Canada, Ottawa, 1994.
- Bester, H., «The role of collateral in credit markets with incomplete information», *European Economic Review*, vol. 31, 1987, p. 887-899.
- Bresnahan, T., «Measuring spillovers from technical advance: Mainframe computers in financial services», *American Economic Review*, vol. 76, septembre 1986, p. 742-755.
- Bruce, N., «A Survey of Theory and Evidence Concerning the Effect of Tax Incentives on R&D Spending by Firms», document reprographié, Ottawa, Ministère d'État aux sciences et à la technologie, 1987.
- Bruce, N., «The Cost of Capital and Competitive Advantage», paru dans *Productivity, Growth and Canada's International Competitiveness*, ouvrage publié sous la direction de T. Courchene et D. Purvis, The John Deutsch Institute for the Study of Economic Policy, Kingston, (ON), 1992, p. 77-117.
- Caballero, R. et A. Jaffe, «How high are the giant's shoulders: An empirical assessment of knowledge spillovers and creative destruction in a model of economic growth», *NBER Macroeconomics Annual 1993*, 1993, p. 13-74.

- Cohen, L., «When can government subsidize research joint ventures? Politics, economics and limits to technology policy», *American Economic Review*, vol. 84, mai 1994, p. 159-163.
- Cohen, L. et R. Noll, «The Applications Technology Satellite Program», paru dans *The Technology Porkbarrel*, ouvrage publié sous la direction de L. Cohen et R. Noll, The Brookings Institution, Washington (DC), 1991(a), p. 149-178.
- Cohen, L. et R. Noll, «An Assessment of R&D Commercialization Programs», paru dans *The Technology Porkbarrel*, ouvrage publié sous la direction de L. Cohen et R. Noll, The Brookings Institution, Washington (DC), 1991(b), p. 365-392.
- Commonwealth d'Australie, Bureau of Industry Economics, *R&D, Innovation and Competitiveness*, Australian Government Publishing Service, Canberra, 1993.
- Conseil consultatif national des sciences et de la technologie, *Pour revitaliser les activités fédérales de sciences et technologie : rapport du Comité des dépenses fédérales en sciences et technologie*, Ottawa, 1990.
- Conseil consultatif national des sciences et de la technologie, *Rapport du Comité sur le financement de l'innovation*, Ottawa, 1991.
- Conseil consultatif national des sciences et de la technologie, *Measuring Up to the Benchmarks and Moving Ahead*, Comité de l'acquisition et de la diffusion de la technologie, 1992.
- Cordes, J., «Tax incentives and R&D spending: A review of the evidence», *Research Policy*, vol. 18, juin 1989, p. 119-133.
- Council on Competitiveness, *Gaining New Ground: Technology Priorities for America's Future*, Washington (DC), 1991.
- Currie, J., J. Murphy et A. Schmitz, «The Concept of Economic Surplus and its Use in Economic Analysis», *Economic Journal*, vol. 81, décembre 1971, p.741-799.
- Dalbé, R., C. De Bresson et H. Xiaoping, «The public sector as first user of innovations», *Research Policy*, vol. 21, juin 1992, p. 251-263.
- Dalton, D. et M. Serapio, «U.S. Research Facilities of Foreign Companies», U.S. Department of Commerce, Technology Administration, Washington (DC), 1993.

- Demsetz, H., «Information and efficiency: Another viewpoint», *Journal of Law and Economics*, vol. 11, avril 1969, p. 1-22.
- Edelman, S., «The American Supersonic Transport», paru dans *The Technology Porkbarrel*, ouvrage publié sous la direction de L.Cohen et R. Noll, The Brookings Institution, Washington (DC), 1991, p. 97-148.
- Evenson, R., «Patents, R&D and invention potential: International evidence», *American Economic Review*, vol. 83, mai 1983, p. 463-468.
- Feller, I., «R&D Theories and State Advanced Technology Programs», Département d'économie, Université de la Pennsylvanie, document de travail n° 4-89-2, 1989.
- Ford, R. et W. Suyker, «Industrial subsidies in the OECD economies», *OECD Economic Studies*, n° 15, automne 1990, p. 37-81.
- Fox, G., A. Haque et G. Brinkman, «Product market distortions and the returns to federal laying hen research in Canada: Reply and further results», *Revue canadienne d'économie rurale*, vol. 38, juillet 1990, p. 351-356.
- Gilbert, R., et C. Shapiro, «Optimal Patent Length and Breadth», *Rand Journal of Economics*, vol. 21, printemps 1990, p.106-12.
- Glaeser, E., H. Kallal, J. Scheinkman et A. Shliefer, «Growth in Cities», document de travail n° 3787, National Bureau of Economic Research, Cambridge (MA), 1991.
- Globerman, S., «L'acquisition d'entreprises canadiennes de haute technologie par des étrangers», paru dans *Investissement, technologie et croissance économique*, ouvrage publié sous la direction de D. G. McFetridge, University of Calgary Press, Calgary (AL), 1991, p. 291-336.
- Grandstrand, O., L. Hakanson et S. Sjolander, «Internationalization of R&D: A survey of some recent research», *Research Policy*, vol. 22, 1993, p. 413-430.
- Griliches, Z., «The Search for R&D Spillovers», National Bureau of Economic Research, New York, document de travail n° 3768, 1991.
- Griliches, Z., «Productivity, R&D and the data constraint», *American Economic Review*, vol. 84, mars 1994, p. 1-23.
- Grossman, G., «Promoting new industrial activities: A survey of recent arguments and

- evidence», *OECD Economic Studies*, Paris, 1992.
- Groupe de travail chargé de l'examen des programmes, *Services et subventions aux entreprises*, Ministre des Approvisionnements et Services, Ottawa, 1985.
- Hall, B., «The stock market's evaluation of R&D during the 1980's», *American Economic Review*, vol. 83, mai 1993, p. 259-264.
- Haque, A., G. Fox et G. Brinkman, «Product market distortions and the returns to federal laying hen research in Canada», *Revue canadienne d'économie rurale*, vol. 37, mars 1989, p. 29-46.
- Harbasz, C., G. Fox et G. Brinkman, «A comparison of *ex post* and *ex ante* measures of producers surplus in estimating the returns to Canadian federal sheep research», *Revue canadienne d'économie rurale*, vol. 36, novembre 1988, p. 489-500.
- Henderson, P., «Two British errors: Their probable size and some possible lessons», *Oxford Economic Papers*, vol. 29, juin 1977, p. 159-205.
- Imai, K. et Y. Baba, «Systemic innovation and cross-border networks», *Technology and Productivity*, OCDE, Paris, 1991.
- Jaffe, A.B., «Real effects of academic research», *American Economic Review*, vol. 79, décembre 1989, p. 957-970.
- Jaffe, A.B., M. Trajtenberg et R. Henderson, «Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, août 1993, p. 577-598.
- Kenney, M. et R. Florida, «The organization and geography of Japanese R&D: Results from a survey of Japanese electronics and biotechnology firms», *Research Policy*, vol. 2, mai 1994, p. 305-323.
- Klemperer, P., «How Broad Should the Scope of Patent Protection Be?», *Rand Journal of Economics*, vol. 21, printemps 1990, p.113-30.
- Kortum, S., «Equilibrium R&D and the patent: R&D ratio», *American Economic Review*, vol. 83, mai 1993, p. 450-457.
- Kotowitz, Y., «Issues in Patent Policy with Respect to the Pharmaceutical Industry»,

- Commission d'enquête sur l'industrie pharmaceutique, Approvisionnement et Services Canada, Ottawa, 1986.
- Krueger, A., «Government Failures in Development», document de travail n° 3340, National Bureau of Economic Research, Cambridge (MA), 1990.
- Krugman, P., *Geography and Trade*, MIT Press, Cambridge (MA), 1991.
- Lacroix, R. et F. Martin, *Les conséquences de la décentralisation régionale des activités de R-D*, Conseil de la science et de la technologie, Québec, 1987.
- Lermer G., *Énergie atomique du Canada limitée*, Conseil économique du Canada, Ottawa, 1987.
- Leyden, D.P. et A.N. Link, *Government's Role in Innovation*, Kluwer, Boston, 1992.
- Levin, R., A. Klevorick, R. Nelson et S. Winter, «Appropriating Returns from Industrial Research and Development», paru dans *Brookings Papers on Economic Activity*, ouvrage publié sous la direction de M. Baily et C. Winston, vol. 3, The Brookings Institution, Washington (DC), 1987, p. 783-820.
- Link, A., «Estimates of the Economic Impact of NIST Research in Electromagnetic Compatibility/Interference (EMC/EMI) Metrology», produit pour le National Institute for standards and Technology, Electromagnetic Fields Division, Washington (DC), 1991.
- Link, A., «Economic Impact on the U.S. Semiconductor Industry of NIST Research in Electromigration», produit pour le National Institute of Standards and Technology, Electronics and Electrical Engineering Laboratory, Washington (DC), 1992.
- Link, A., «Economic Impacts of NIST-Supported Standards for the U.S. Optical Fiber Industry: 1981 - Present», produit pour le National Institute of Standards and Technology, Center for Electronics and Electrical Engineering, Washington (DC), 1992(a).
- Mairesse, J., «Recherche-développement et productivité : un panorama des études économétriques sur données d'entreprises», *STI Revue*, OCDE, vol. 8, avril 1991, p. 9-45.
- Mansfield, E., «Academic research and industrial innovation», *Research Policy*, vol. 20, février 1991, p. 1-12.

Mansfield, E., J. Rapoport, A. Romeo, S. Wagner et G. Beardsley, «Social and private rates of return from industrial innovations», *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 91, n° 2, mai 1977, p. 221-240.

Marshall, A., *Principles of Economics*, 8<sup>e</sup> édition, MacMillan, Londres, 1964.

McFetridge, D., «The Economics of Industrial Policy: An Overview», paru dans *Canadian Industrial Policy in Action*, ouvrage publié sous la direction de D. McFetridge, University of Toronto Press, Toronto, 1985, p. 1-48.

McFetridge, D., «An Evaluation of Government Energy R&D Activities», étude produite pour Confluence énergétique, document reprographié, Ottawa, 1987.

McFetridge, D., «The Canadian System of Industrial Innovation», paru dans *National Innovation Systems*, ouvrage publié sous la direction de R. Nelson, Oxford University Press, Oxford, 1993, p. 299-323.

McFetridge, D., «Les investissements directs du Canada à l'étranger, la R-D et les transferts de technologie», paru dans *Les multinationales canadiennes*, ouvrage publié sous la direction de S. Globerman, University of Calgary Press, Calgary, 1994, p. 165-197.

McFetridge, D. et H. English, «Intellectual Property and the GATT Negotiations: Some Areas for Discussion», paru dans *Pacific Initiatives in Global Trade*, ouvrage publié sous la direction de H. English, Institut de recherches politiques, Halifax, 1990, p. 159-172.

McFetridge, D. et A. Lall, «Is There a Theory of Deregulation?», paru dans *Breaking the Shackles: Deregulating Canadian Industry*, ouvrage publié sous la direction de W. Block et G. Lerner, The Fraser Institute, Vancouver, 1991, p. 7-28.

McFetridge, D. et M. Raffiquzzaman, «The Scope and Duration of the Patent Right and the Nature of Research Rivalry», paru dans *Research in Law and Economics: The Economics of Patents and Copyrights*, ouvrage publié sous la direction de J. Palmer et R. Zerbe, JAI Press, Greenwich, 1986, p. 91-120.

Mohnen, P., *Le rapport entre la R-D et la croissance de la productivité au Canada et dans d'autres pays industrialisés*, Approvisionnement et Services Canada, Ottawa, 1992.

Mohnen, P., «New technologies and interindustry spillovers», *STI Revue*, 1992(a),

p. 131-147.

- Mowery, D. et N. Rosenberg, *Technology and the Pursuit of Economic Growth*, Cambridge University Press, New York, 1989.
- Nagy, J.G. et N.H. Furtan, «Economic cost and returns from crop development research: The case of rapeseed breeding in Canada», *Revue canadienne d'économie rurale*, 1994, p. 1-14.
- Nelson, R., *Government and Technological Progress: A Cross-Industry Analysis*, Pergamon Press, New York, 1982.
- Nelson, R., M. Peck et E. Kalechek, *Technology, Economic Growth and Public Policy*, The Brookings Institution, Washington (DC), 1967.
- Nelson, R. et G. Wright, «The rise and fall of American technological leadership», *Journal of Economic Literature*, vol. 30, 1992, p. 1931-1964.
- Niosi, J. et A. Manseau, «Canada's National R&D System», document reprographié, CIRST, Université du Québec à Montréal, 1994.
- Ontario, Rapport du Conseil du premier ministre, *Concurrer dans la nouvelle économie globale*, volume II, Toronto, 1988.
- Ontario, Rapport du Conseil du premier ministre, *Concurrer dans la nouvelle économie globale*, Volume III, Toronto, 1988.
- Palda, K., *Innovation Policy and Canada's Competitiveness*, The Fraser Institute, Vancouver, 1993.
- Peltzman, S., «Toward a More General Theory of Regulation», *Journal of Law and Economics*, vol. 19, août 1976, p. 211-240.
- Poole, E. et J.-T. Bernard, «Defence innovation stock and total factor productivity», exposé présenté à la conférence annuelle de la Société canadienne de science économique, Auberge Grey Rocks, (Québec), 1990.
- Porter, M., *Le Canada à la croisée des chemins*, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa, 1991.
- Rauch, J.E., «Productivity gains from geographic concentration of human capital:

- Evidence from the cities», *Journal of Urban Economics*, vol. 34, 1993, p. 380-400.
- Rauch, J.E., «Does history matter only when it matters little? The case of city-industry location», *Quarterly Journal of Economics*, août 1993(a), vol. 108, p. 843-867.
- Reddy, N. et L. Zhao, «International technology transfer: A review», *Research Policy*, vol. 19, 1990, p. 285-307.
- Ronayne, M., «Industrial Aid and Competition Policy in Canada», Bureau de la politique de concurrence, Industrie et Sciences Canada, Ottawa, 1993.
- Rosenberg, N., *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, New York, 1982.
- Royaume-Uni, «Fiscal Incentives For R&D Spending: An International Survey», HM Treasury, Inland Revenue, Londres, 1987.
- Solway, J., «It's a Jungle Out There Isn't It? An Ecological Perspective on Community Economics, with Application in a Case Study of the Toronto Fashion District and Implications for Local Economic Development», Institut de recherches politiques, Ottawa, 1987.
- Stigler, G., «The theory of economic regulation», *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 2, été 1971, p. 3-21.
- Stiglitz, J., «The Invisible Hand and Modern Welfare Economics», document de travail n° 3641, National Bureau of Economic Research, Cambridge (MA), 1991.
- Stoneman, P. et P. Diederer, «Technology diffusion and public policy», *Economic Journal*, vol. 104, juillet 1994, p. 918-930.
- Tarasofsky, A., *Les programmes fédéraux d'aide à l'innovation*, Conseil économique du Canada, Ottawa, 1984.
- Tasse, G., *Technology Infrastructure and Competitive Position*, Norwell, Kluwer, 1992.
- Tewksbury, J.G., M.S. Crandall et W.E. Crane, «Measuring the societal benefits of innovation», *Science*, vol. 209, août 1980, p. 658-662.
- Traijtenberg, M., «The welfare analysis of product innovations with an application to computed tomography scanners», *Journal of Political Economy*, vol. 97, n° 2,

avril 1989, p. 444-479.

Trajtenberg, M., *Economic Analysis of Product Innovation: The Case of CT Scanners*, Harvard University Press, Cambridge (MA), 1990.

Trajtenberg, M., «A penny for your quotes: Patent citations and the value of innovations», *Rand Journal of Economics*, vol. 21, printemps 1990(a), p. 172-187.

Trajtenberg, M., R. Henderson et A. Jaffe, «Ivory Tower versus Corporate Lab: an Empirical Study of Research and Appropriability», document de travail n° 4146, National Bureau of Economic Research, Cambridge (MA), 1992.

Ulrich, A., H. Furtan et A. Schmitz, «Public and private returns from joint venture research: An example from agriculture», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 101, février 1986, p. 103-129.

Van Dierdonck, R. et K. Debackere, «Science parks: Towards a better understanding of their role in the diffusion of technological knowledge», *R&D Management*, vol. 21, 1991, p. 109-125.

Warda, J., *The International Competitiveness of Canadian R&D Tax Incentives: An Update*, Le Conference Board du Canada, Ottawa, 1990.

Warda, J., *Canadian R&D Tax Treatment: An International Comparison*, Le Conference Board du Canada, rapport n° 125-94, Ottawa, 1994.

Widmer, L., G. Fox et G. Brinkman, «The rate of return to agricultural research in a small country: The case of beef cattle research in Canada», *Revue canadienne d'économie rurale*, vol. 36, mars 1988, p. 23-35.

Wolf, C., «Market and non-market failures: Comparison and assessment», *Journal of Public Policy*, vol. 7, janvier-mars 1987, p. 43-70.