

**L'ÉCONOMIE FONDÉE SUR LE SAVOIR**

**ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES**

**Paris 1996**

**34989**

Document complet disponible sur OLIS dans son format d'origine

Complete document available on OLIS in its original format

**Copyright OCDE, 1996**

**Les demandes de reproduction ou de traduction doivent être adressées à :**

**M. le Chef du Service des Publications, OCDE, 2 rue André Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.**

## AVANT-PROPOS

Les économies de l'OCDE s'appuient de plus en plus sur le savoir et l'information. Le savoir est désormais reconnu comme moteur de la productivité et de la croissance économique, ce qui éclaire sous un nouveau jour le rôle que jouent l'information, les technologies et l'apprentissage dans les performances économiques. Le terme "*économie fondée sur le savoir*" découle de la reconnaissance grandissante de l'importance de la connaissance et de la technologie dans les économies modernes de l'OCDE.

L'OCDE, dans ses analyses, s'applique de plus en plus à comprendre la dynamique de l'économie fondée sur le savoir et sa relation avec l'économie traditionnelle, à l'image de la "*nouvelle théorie sur la croissance*". La codification croissante du savoir et sa transmission par le biais des réseaux informatiques et de communication et des réseaux ont généré une nouvelle "*société de l'information*". La nécessité dans laquelle se trouvent les travailleurs d'acquérir des compétences et de les adapter constamment est à la base de "*l'économie d'apprentissage*". De par son importance, la diffusion du savoir et de la technologie nécessite des réseaux de savoir et des "*systèmes nationaux d'innovation*". Qui plus est, de nouveaux problèmes ou questions se posent quant aux implications de l'économie du savoir pour l'emploi et au rôle des gouvernements dans la mise au point et le maintien de la base de savoir.

Repérer les "*meilleures pratiques*" à appliquer à l'économie du savoir est l'un des points de focalisation des travaux de l'OCDE dans le domaine de la science, de la technologie et de l'industrie. Cette publication examine les tendances qui prévalent dans l'économie fondée sur le savoir, le rôle du système scientifique et l'établissement d'indicateurs et de statistiques. Elle reprend l'édition 1996 des *Perspectives de la science, de la technologie et de l'industrie*, mise en diffusion générale sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.



## TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS .....	3
RÉSUMÉ .....	7
I. L'ÉCONOMIE DU SAVOIR : TENDANCES ET IMPLICATIONS .....	9
A. Introduction.....	9
B. Savoir et économie .....	11
C. Codification du savoir .....	12
D. Savoir et apprentissage.....	13
E. Réseaux de savoir .....	14
F. Savoir et emploi.....	17
G. Action des pouvoirs publics .....	19
II. LE RÔLE DU SYSTÈME SCIENTIFIQUE DANS UNE ÉCONOMIE DU SAVOIR.....	21
A. Introduction.....	21
B. La production de savoir .....	21
C. La transmission du savoir .....	23
D. Le transfert du savoir.....	25
E. L'action des pouvoirs publics .....	27
III. DES INDICATEURS ADAPTÉS À UNE ÉCONOMIE FONDÉE SUR LE SAVOIR .....	29
A. Introduction.....	29
B. Mesurer la connaissance .....	30
C. Mesurer les apports au savoir (entrées) .....	31
D. Mesurer les stocks et les flux de connaissances.....	33
E. Mesurer le produit du savoir (sorties).....	36
F. Mesurer les réseaux de savoir.....	40
G. Mesurer le savoir et l'acquisition de connaissances.....	43
H. Conclusions .....	44
REFERENCES .....	46



## RÉSUMÉ

Les grandes orientations de la politique de la science, de la technologie et de l'industrie de l'OCDE doivent aller dans le sens d'une optimisation de la performance et du bien-être dans des "économies fondées sur le savoir", économies qui reposent directement sur la production, la diffusion et l'utilisation du savoir et de l'information. Cela se reflète dans la tendance à la croissance des économies de l'OCDE dans l'investissement et les industries de haute technologie, l'utilisation d'une main-d'oeuvre hautement qualifiée et des gains de productivité qui en résulte. Si la connaissance est depuis longtemps un facteur important dans la croissance économique, les économistes s'interrogent désormais sur les moyens d'intégrer plus directement le savoir et la technologie à leurs théories et modèles. La "nouvelle théorie de la croissance" est révélatrice de cet effort de compréhension du rôle du savoir et de la technologie comme moteur de la croissance économique et de la productivité. À cet égard, les investissements consacrés à la recherche-développement, à l'enseignement et à la formation, et à de nouvelles structures d'organisation du travail dans une optique de gestion sont fondamentaux.

Outre les investissements dans la connaissance, la **diffusion du savoir** par le biais de réseaux officiels ou informels est essentielle à la performance économique. Le savoir est de plus en plus codifié et transmis par le biais de réseaux informatiques et de communication dans la nouvelle "société de l'information". S'impose aussi le savoir tacite, comme la compétence d'exploiter et d'adapter ce savoir codifié, qui met en relief l'importance d'un apprentissage constant de la part des individus aussi bien que des entreprises. Dans l'économie du savoir, l'innovation est mue par l'interaction des producteurs et des utilisateurs dans l'échange des connaissances aussi bien codifiées que tacites ; ce modèle interactif a remplacé le modèle linéaire classique du processus d'innovation. La configuration des *systèmes nationaux d'innovation*, à savoir les mouvements et les relations entre l'industrie, l'État et l'université dans le développement scientifique et technologique, est un facteur économique déterminant.

**L'emploi**, dans une économie fondée sur le savoir, se caractérise par un accroissement de la demande de travailleurs qualifiés. Les secteurs de haute technologie et à forte intensité de savoir dans les économies de l'OCDE sont généralement les plus dynamiques en termes de croissance de la production et de l'emploi. Les progrès de la technologie, et en particulier l'avènement des technologies de l'information, rendent la main-d'oeuvre qualifiée et instruite plus précieuse, au détriment de la main-d'oeuvre non qualifiée. Il serait bon que les pouvoirs publics, dans leur action, s'emploient davantage à valoriser le capital humain en facilitant l'accès à tout un éventail de qualifications, en particulier la capacité à apprendre ; à renforcer la capacité de l'économie de faire partager le savoir par le biais de réseaux de coopération et par la diffusion de la technologie ; et à mettre en place des conditions favorables à une évolution de l'organisation au niveau de l'entreprise de façon à tirer le maximum d'avantages de la technologie au profit de la productivité.

Le **système scientifique**, principalement les laboratoires de recherche et les instituts d'enseignement supérieur publics, mènent à bien des fonctions clés au sein d'une économie de savoir, notamment la production, la transmission et le transfert de connaissances. Mais le système scientifique des pays de l'OCDE est confronté à l'énorme difficulté d'avoir à concilier ses fonctions traditionnelles, soit de produire des connaissances nouvelles grâce à la recherche fondamentale et former de nouvelles

générations de scientifiques et d'ingénieurs, avec son nouveau rôle qui doit être de coopérer avec l'industrie pour favoriser le transfert des connaissances et de la technologie. Les établissements de recherche et les universités ont de plus en plus de partenaires industriels, pour des raisons financières et en vue de stimuler l'innovation, mais la plupart doivent conjuguer ces fonctions avec leur rôle de base dans la recherche générique et l'enseignement.

En général, notre compréhension de ce qui se produit dans une économie du savoir est limitée par la portée et la qualité des **indicateurs liés au savoir** qui sont disponibles. Les cadres classiques de la comptabilité nationale ne proposent pas d'explications convaincantes des tendances de la croissance économique, de la productivité et de l'emploi. La définition d'indicateurs de l'économie du savoir doit se faire à partir d'une amélioration des indicateurs plus traditionnels de ressources (input) relatifs aux dépenses de R-D et aux personnels employés dans la recherche. Il faut également améliorer les indicateurs qui mesurent les stocks et les flux de savoir, en particulier les indicateurs relatifs à la diffusion des technologies de l'information dans les secteurs de l'industrie manufacturière et des services ; les taux de rentabilité sociale et privée des investissements dans le savoir, de façon à mieux appréhender l'impact de la technologie sur la productivité et sur la croissance ; le fonctionnement des réseaux de savoir et des systèmes nationaux d'innovation ; enfin, la valorisation et l'amélioration des qualifications du capital humain.

## I. L'ÉCONOMIE DU SAVOIR : TENDANCES ET IMPLICATIONS

### A. Introduction

Le terme d'«*économie du savoir*» est né de la prise de conscience du rôle du savoir et de la technologie dans la croissance économique. Le savoir, en tant que «capital humain» et inclus dans les technologies, a toujours été au centre du développement économique. Mais c'est seulement ces dernières années que son importance, qui va grandissant, a été reconnue. Les économies de l'OCDE sont plus tributaires que jamais de la production, de la diffusion et de l'utilisation du savoir. La production et l'emploi connaissent l'expansion la plus rapide dans les industries de pointe comme l'informatique, l'électronique et l'aérospatiale. Au cours des dix dernières années, la part des technologies de pointe dans la production manufacturière (tableau 1) et dans les exportations (figure 1) de la zone OCDE a plus que doublé, pour atteindre 20 à 25 pour cent. Les secteurs de services à forte intensité de savoir, tels que l'éducation, les communications et l'information, se développent encore plus vite. De fait, on estime que plus de 50 pour cent du PIB des grandes économies de l'OCDE reposent maintenant sur le savoir.

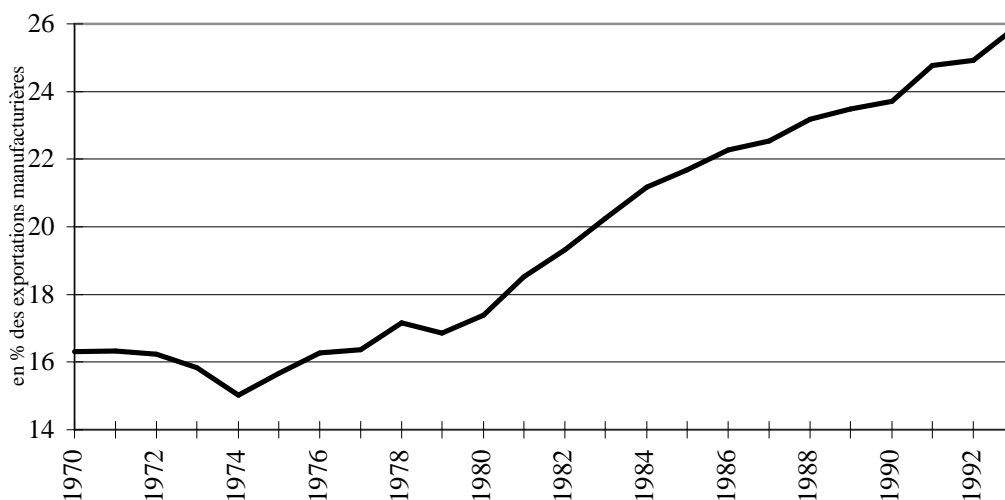
**Tableau 1. Part des technologies de pointe dans la production manufacturière en pourcentage**

	Exportations		Valeur ajoutée	
	1970	1993 <sup>1</sup>	1970	1994 <sup>1</sup>
<b>Amérique du Nord</b>				
Canada	9.0	13.4	10.2	12.6
États-Unis	25.9	37.3	18.2	24.2
<b>Zone Pacifique</b>				
Australie	2.8	10.3	8.9	12.2
Japon	20.2	36.7	16.4	22.2
Nouvelle- Zélande	0.7	4.6	..	5.4
<b>Europe</b>				
Autriche	11.4	18.4	..	..
Belgique	7.2	10.9	..	..
Danemark	11.9	18.1	9.3	13.4
Finlande	3.2	16.4	5.9	14.3
France	14.0	24.2	12.8	18.7
Allemagne	15.8	21.4	15.3	20.1
Grèce	2.4	5.6	..	..
Irlande	11.7	43.6	..	..
Italie	12.7	15.3	13.3	12.9
Pays-Bas	16.0	22.9	15.1	16.8
Norvège	4.7	10.7	6.6	9.4
Espagne	6.1	14.3	..	13.7
Suède	12.0	21.9	12.8	17.7
Royaume-Uni	17.1	32.6	16.4	22.2

1. Ou année la plus proche.

Source : OCDE, DSTI, base de données STAN.

**Figure 1. Exportations totales de technologies de pointe dans la zone OCDE**  
 Pourcentage du total des exportations manufacturières de l'OCDE



Source : OCDE, DSTI, base de données STAN.

En conséquence, l'investissement se dirige vers les biens et services de haute technologie, notamment les technologies de l'information et des communications. Les investissements matériels en ordinateurs et équipements informatiques connaissent la croissance la plus rapide. Tout aussi importants sont les investissements dits "immatériels", dans la recherche et le développement (R-D), la formation de la main-d'oeuvre, les logiciels et les compétences techniques spécialisées. Les dépenses de recherche atteignent environ 2.3 pour cent du PIB dans la zone OCDE. L'éducation représente en moyenne 12 pour cent des dépenses publiques, et on estime que les investissements dans la formation liée à l'emploi peuvent atteindre jusqu'à 2.5 pour cent du PIB dans des pays tels que l'Allemagne et l'Autriche qui disposent de systèmes d'apprentissage et de formation en alternance (combinant école et vie active). Les achats de logiciels, qui augmentent au rythme de 12 pour cent par an depuis le milieu des années 80, dépassent les ventes de matériel informatique. Les dépenses consacrées à l'amélioration des produits alimentent la croissance des services fondés sur le savoir, tels que les études techniques et la publicité. Quant à la balance des paiements technologiques, elle a progressé de 20 pour cent entre 1985 et 1993 dans le domaine des échanges de brevets et de services technologiques.

C'est la main-d'oeuvre qualifiée qui est la plus demandée dans les pays de l'OCDE. Le taux de chômage moyen chez ceux qui ont pour tout bagage le premier cycle de l'enseignement secondaire est de 10.5 pour cent ; il tombe à 3.8 pour cent chez ceux qui ont fait des études universitaires. Bien que le secteur manufacturier perde actuellement des emplois dans l'ensemble de la zone OCDE, l'emploi augmente dans les secteurs de haute technologie à caractère scientifique, des ordinateurs aux produits pharmaceutiques. Ces emplois sont plus qualifiés et mieux rémunérés que ceux des secteurs à faible intensité technologique (textile et agroalimentaire, par exemple). Les emplois fondés sur le savoir dans les secteurs de services connaissent aussi une forte expansion. En effet, les travailleurs qui possèdent un certain savoir "hors production" (ceux qui ne participent pas à la production matérielle) sont les salariés les plus demandés dans une large gamme d'activités, de l'informatique au marketing, en passant par la kinésithérapie. L'utilisation des nouvelles technologies, qui sont le moteur des gains de productivité et d'emploi à long terme, améliore généralement la structure des qualifications, aussi bien dans le secteur manufacturier que dans les services. Et c'est essentiellement à cause de la technologie que les employeurs rémunèrent maintenant plus le savoir que le travail manuel.

## B. Savoir et économie

Ces tendances nous amènent à revoir certaines théories et certains modèles économiques, car l'analyse suit la réalité. Les économistes continuent à chercher les fondements de la croissance économique. Les "*fonctions de production*" traditionnelles sont axées sur le travail, le capital, les matériaux et l'énergie ; le savoir et la technologie influent sur la production de l'extérieur. On élabore aujourd'hui des approches analytiques qui permettent d'inclure plus directement le savoir dans les fonctions de production. Les investissements dans le savoir peuvent accroître la capacité productive des autres facteurs de production ou les transformer en nouveaux produits et procédés. Et, comme ces investissements dans le savoir se caractérisent par des rendements croissants (plutôt que décroissants), ils sont la clef de la croissance économique à long terme.

Dire que le savoir joue un rôle important dans l'économie n'est pas une idée nouvelle. Adam Smith faisait référence à ces nouvelles générations de spécialistes, hommes de spéculation, qui contribuaient significativement à la production d'un savoir utile pour l'économie. Friedrich List insistait sur l'infrastructure et les institutions qui concourent au développement des forces productives par la création et la diffusion du savoir. La conception schumpétérienne de l'innovation comme l'un des principaux ressorts de la dynamique économique a été reprise par les schumpétériens modernes, tels que Galbraith, Goodwin et Hirschman. Enfin, des économistes comme Romer et Grossman élaborent aujourd'hui de nouvelles théories de la croissance pour expliquer les forces qui sous-tendent la croissance économique à long terme.

Selon la **fonction de production**, telle qu'elle est décrite par les **néoclassiques**, la rentabilité décroît à mesure que l'on accroît la quantité de capital injecté dans l'économie, effet qui peut toutefois être compensé par l'apport de nouvelles techniques. Bien que le progrès technologique soit considéré comme un moteur de la croissance, il n'existe pas de définition ni d'explication des processus technologiques. Dans la nouvelle théorie de la croissance, le savoir peut accroître la rentabilité de l'investissement, laquelle peut, à son tour, contribuer à l'accumulation de connaissances du fait qu'elle encourage l'adoption de méthodes plus efficaces d'organisation de la production ainsi que l'amélioration des produits et des services. Cela peut ainsi donner lieu à un accroissement durable de l'investissement qui peut se traduire par une progression continue du taux de croissance d'un pays. Le savoir peut aussi avoir des retombées, d'une entreprise ou d'une branche industrielle à une autre, en favorisant l'exploitation répétée de nouvelles idées pour un coût supplémentaire minime. De telles retombées peuvent atténuer les entraves à la croissance que fait naître la rareté du capital.

Le **progrès technologique** accroît la productivité marginale relative du capital par l'éducation et la formation de la main-d'oeuvre, les investissements en recherche-développement et la création de nouvelles structures de gestion et d'organisation du travail. Les travaux analytiques consacrés à la croissance économique à long terme montrent qu'au XX<sup>ème</sup> siècle, le facteur de production qui a le plus augmenté a été le capital humain, mais rien n'indique que cela ait réduit le taux de rentabilité de l'investissement dans l'enseignement et la formation (Abramowitz, 1989). L'investissement dans le savoir et les capacités se caractérisent par des rendements croissants (et non décroissants). Ces conclusions militent en faveur d'une modification des modèles d'équilibre néoclassiques -- qui étaient conçus pour s'appliquer à la production, à l'échange et à l'utilisation des biens -- en vue d'analyser la production, l'échange et l'utilisation du savoir.

Intégrer le savoir aux fonctions de production économiques standard n'est pas chose facile, dans la mesure où ce facteur défie certains principes économiques fondamentaux, comme le principe de la rareté. Le savoir et l'information sont plutôt du côté de l'abondance ; ce qui est rare, c'est la capacité de les exploiter de façon constructive. Le savoir n'est pas non plus facilement transformé en un objet de

transactions économiques standard. Il est difficile d'acheter du savoir et de l'information car, par définition, l'information sur les caractéristiques de ce qui est acheté est inégalement réparti entre le vendeur et l'acheteur. Certains types de savoir peuvent être facilement reproduits à peu de frais au profit d'un vaste éventail d'utilisateurs, ce qui tend à mettre à mal la propriété privée. D'autres types de savoir ne peuvent être transférés d'une organisation à une autre, ou entre des individus, sans que s'établissent des liens complexes sous la forme de relations de réseau ou d'apprentissage ou bien que ne soient investies des ressources considérables dans la codification et la transformation de ce savoir en information.

### C. Codification du savoir

Pour faciliter l'analyse économique, on peut établir des distinctions entre les différents types de savoir qui importent dans une économie fondée sur le savoir : le "*savoir-quoi*", le "*savoir-pourquoi*", le "*savoir-comment*" (ou *savoir-faire*) et le "*savoir-qui*". La notion de savoir est beaucoup plus large que la notion d'information, qui se limite généralement au "*savoir-quoi*" et au "*savoir-pourquoi*". Ce sont aussi les types de savoir qui s'apparentent le plus à des biens ou à des ressources économiques pouvant se fondre dans les fonctions de production économiques. D'autres types de savoir, en particulier le savoir-comment et le savoir-qui, relèvent d'un "*savoir plus tacite*" et sont plus difficilement quantifiables et codifiables (Lundvall et Johnson, 1994).

- ◇ Le **savoir-quoi** renvoie à la connaissance "*factuelle*". Le nombre d'habitants que compte la ville de New York, les ingrédients qui entrent dans la composition du quatre-quarts ou la date de la bataille de Waterloo en sont des exemples. Ici, le savoir est voisin de ce que l'on appelle normalement l'information -- et peut être fragmenté. Dans certains domaines complexes, les spécialistes doivent acquérir une grande quantité de savoir de ce type pour mener à bien leurs tâches professionnelles. Les hommes de loi ou les praticiens de la médecine appartiennent à cette catégorie.
- ◇ Le **savoir-pourquoi** renvoie à la connaissance scientifique des lois et des principes naturels. Ce type de connaissances détermine le progrès technologique et les avancées en termes de produits ou de procédés dans la plupart des branches industrielles. La production et la reproduction de savoir-pourquoi sont souvent organisées au sein de structures spécialisées, comme des laboratoires de recherche ou des universités. Pour accéder à ce type de savoir, les entreprises doivent avoir une interaction avec ces structures soit en recrutant des éléments ayant reçu une formation scientifique soit, directement, en entretenant avec elles des relations ou en menant des activités conjointes.
- ◇ Le **savoir-comment** (*savoir-faire*) renvoie à des compétences ou à une aptitude données. Les hommes d'affaires qui évaluent les débouchés commerciaux d'un nouveau produit ou un directeur des ressources humaines qui sélectionne le personnel ou organise sa formation doivent utiliser ce savoir-faire. Il en va de même pour le travailleur qualifié qui fait fonctionner des machines-outils de maniement très complexe. Le savoir-comment ou savoir-faire est, typiquement, une forme de savoir élaborée et préservée au sein de l'entreprise. L'une des principales raisons de la création de réseaux industriels est la nécessité, pour les entreprises, d'être capables de partager et de combiner ces éléments de savoir-faire.
- ◇ C'est la raison pour laquelle le **savoir-qui** prend de plus en plus d'importance. On entend par savoir-qui l'information sur qui sait quoi et qui sait comment faire quoi. Il a trait à la formation de relations sociales privilégiées qui rendent possible d'entrer en contact avec des spécialistes et d'utiliser efficacement leurs connaissances. Ce type de savoir a de l'importance dans les économies où les compétences sont très dispersées en raison d'une grande division du travail parmi les structures et les spécialistes. Pour le gestionnaire ou l'organisation moderne, il importe d'utiliser ce type de

savoir de façon à pouvoir s'adapter au rythme accéléré du progrès. Ce savoir-qui est un type de savoir interne à l'organisation bien davantage que d'autres types de savoir.

Il existe plusieurs voies pour apprendre à maîtriser ces quatre types de savoir. Si le savoir-quoi et le savoir-pourquoi peuvent s'acquérir par la lecture de manuels, la participation à des conférences ou l'accès à des bases de données, les deux autres types de connaissances relèvent de l'expérience pratique. Le savoir-comment, ou savoir-faire, s'acquiert principalement à partir de situations où un apprenti suit un maître et s'en remet à lui comme autorité. Le savoir-qui s'apprend par la pratique sociale et parfois dans des environnements éducatifs spécialisés ou encore au gré des contacts quotidiens que l'on peut entretenir avec des clients, des fournisseurs ou des établissements indépendants. C'est souvent parce qu'elles veulent avoir accès à des réseaux de spécialistes universitaires dont les connaissances sont déterminantes pour leur capacité d'innovation que les entreprises s'engagent dans la recherche fondamentale. Le savoir-qui est un savoir enraciné dans le collectif qui ne peut pas facilement être transféré par les circuits officiels de l'information.

L'élaboration d'une **technologie de l'information** peut être perçue comme une réponse à la nécessité de manier plus efficacement les composantes savoir-quoi et savoir-pourquoi. À l'inverse, l'existence d'infrastructures pour ce qui est des technologies de l'information et des communications favorise beaucoup le processus de codification de certains éléments de la connaissance. Toutes les connaissances de nature à être codifiées et réduites à des informations peuvent désormais être transmises sur de longues distances pour un coût très abordable. C'est la codification croissante de certains éléments de la connaissance qui a amené à qualifier l'environnement dans lequel nous vivons de "*société de l'information*", une société où, bientôt, la majorité des travailleurs produira, manipulera et diffusera bientôt de l'information ou du savoir codifié.

La révolution numérique a accentué l'évolution vers la codification du savoir et modifié la part du savoir codifié et du savoir tacite dans le fonds global de savoir de l'économie. Les réseaux électroniques relient aujourd'hui un vaste ensemble de sources d'information publiques et privées -- ouvrages de référence numérisés, livres, brochures scientifiques, bibliothèques de documents de travail, images, clips vidéo, enregistrement de sons et de voix, affichages graphiques et autre courrier électronique, notamment. Ces ressources informatives, reliées entre elles via plusieurs réseaux de communications, constituent les divers éléments d'une bibliothèque numérique en formation universellement accessible.

Du fait de la codification, le savoir s'apparente de plus en plus à une marchandise. Les transactions sur le marché sont facilitées par la codification, et la transmission du savoir est accélérée. En outre, la codification rend de moins en moins nécessaire d'intensifier les investissements pour acquérir plus de savoir. Se créent ainsi des passerelles entre les disciplines et les domaines de compétence, et la "*dispersion*" du savoir s'en trouve réduite. Ces évolutions promettent une accélération du taux de croissance des stocks de savoir accessible, ce qui favorise la croissance économique. Elles supposent de plus un renouvellement accru du stock de savoir, car les déperditions et l'obsolescence augmentent, ce qui impose d'autant plus à la capacité d'adaptation de l'économie. Si les technologies de l'information accélèrent la codification des connaissances et favorisent la croissance dans une économie du savoir, il y a nécessairement des conséquences pour la population active.

#### **D. Savoir et apprentissage**

Si les technologies de l'information repoussent peut-être la frontière entre le savoir tacite et le savoir codifié, elles augmentent la nécessité d'acquérir un éventail de compétences ou de types de savoir.

Dans la société de l'information qui prend corps, une proportion importante et croissante de la population active doit traiter de l'information plutôt que des facteurs de production plus matériels. La culture de base en informatique et l'accès aux configurations de réseau tendent à prendre plus d'importance que la culture de base dans son sens traditionnel. Même si l'économie du savoir est influencée par la généralisation des technologies de l'information, elle n'en devient pas pour autant synonyme de société de l'information. L'économie du savoir se caractérise par la nécessité d'une acquisition constante d'informations codifiées et des compétences nécessaires à l'exploitation de ces informations.

L'accès à l'information devenant plus aisé et moins coûteux, les qualifications et les compétences inhérentes à la sélection et à l'exploitation efficace de l'information prennent de l'importance. Le **savoir tacite**, sous la forme des compétences nécessaires au traitement du savoir codifié, est plus important que jamais sur les marchés du travail. Le savoir codifié peut être considéré comme le matériau à transformer, et le savoir tacite, en particulier le savoir-faire, comme l'outil permettant le traitement de ce matériau. Les capacités qui permettent de sélectionner l'information utile et de rejeter celle qui ne l'est pas, de reconnaître les modèles d'information, d'interpréter et de décoder l'information, ainsi que d'acquérir de nouvelles compétences ou d'en oublier d'autres qui n'ont plus cours, sont de plus en plus demandées.

L'accumulation de savoir tacite nécessaire pour tirer profit au maximum du savoir codifié grâce aux technologies de l'information ne peut se faire que par l'**apprentissage**. Faute d'investissements consacrés à l'amélioration des compétences tacites et codifiées, le manque d'informations peut être un facteur de nature à altérer l'efficacité distributive des économies de marché. Les travailleurs auront besoin à la fois d'un enseignement scolaire et d'une aptitude à acquérir et à appliquer de nouvelles connaissances théoriques et analytiques. De plus en plus, ils seront rémunérés pour leurs connaissances codifiées et tacites plutôt que pour leur travail manuel. L'enseignement sera le pilier de l'économie du savoir et l'acquisition de connaissances par l'apprentissage l'outil du progrès pour l'individu et pour l'organisation.

Ce processus d'apprentissage dépasse la simple acquisition d'un bagage scolaire. Dans l'économie du savoir, "*l'apprentissage par la pratique*" revêt une importance capitale. Un aspect fondamental de l'apprentissage est la transformation de savoir tacite en savoir codifié et le retour vers la pratique lorsque naissent de nouveaux types de savoir tacite. La formation et l'apprentissage en milieu non structuré, de plus en plus possible grâce aux technologies de l'information, se généralisent. Les entreprises elles-mêmes sont soumises à la nécessité de se transformer en entreprises apprenantes, en modulant continuellement leur gestion, leur organisation et les qualifications de leur personnel pour s'adapter aux nouvelles technologies. Elles se regroupent aussi en réseaux, où l'apprentissage interactif qui suppose la participation des producteurs et des utilisateurs à l'expérimentation et à un échange d'informations est le moteur de l'innovation (OIE, 1994).

## **E. Réseaux de savoir**

L'économie du savoir accorde une grande importance à la **diffusion** et à l'**utilisation de l'information** et du savoir, tout comme à sa création. Ce qui détermine la réussite des entreprises, et des économies nationales plus généralement, dépend plus que jamais de leur efficacité à rassembler et à utiliser des connaissances. Savoir-faire stratégique et compétence sont développés de façon interactive et partagés au sein de sous-groupes et de réseaux, où le savoir-qui est déterminant. L'économie devient une hiérarchie de réseaux, mus par l'accélération du rythme du progrès et de l'acquisition de connaissances. On aboutit ainsi à une société de réseaux, où l'opportunité et la capacité d'avoir accès et de participer à des

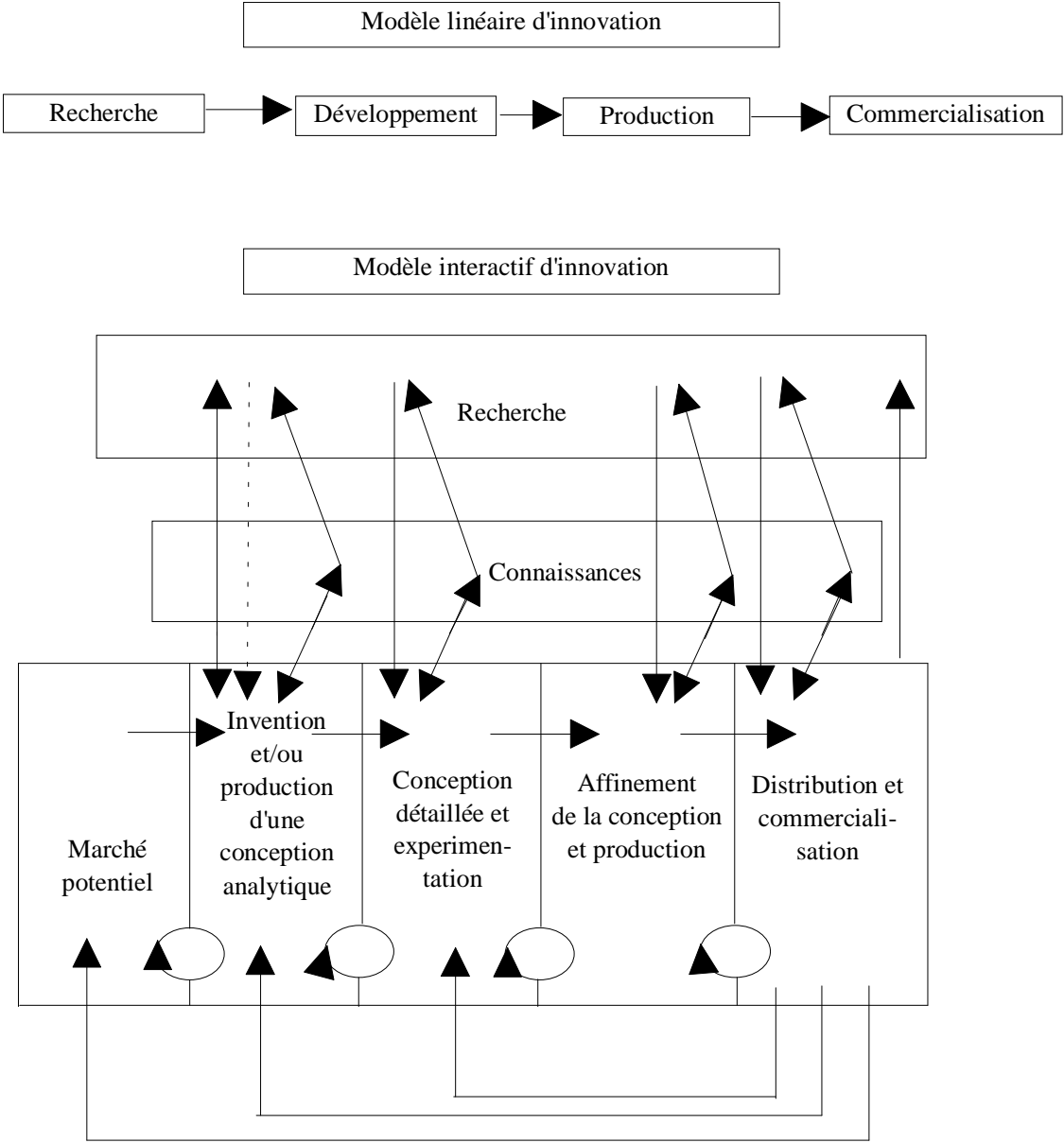
relations à forte intensité de savoir et d'apprentissage conditionnent la position socioéconomique des individus et des entreprises (David et Foray, 1995).

Cette configuration en réseau propre à l'économie du savoir a fait son apparition en apportant quelques modifications au **modèle linéaire de l'innovation** (figure 2). D'après la théorie classique, l'innovation est un processus de découverte qui évolue en phases selon une séquence fixe et linéaire : en premier lieu, la recherche scientifique, puis les stades successifs de la mise au point, de la production et de la commercialisation du produit et, enfin, la vente des nouveaux produits, procédés ou services. On admet aujourd'hui que les germes de l'innovation peuvent provenir de multiples sources, notamment des nouvelles capacités de fabrication et de l'identification de besoins commerciaux. L'innovation peut prendre de nombreuses formes : ajouts ou améliorations apportés à des produits existants, application d'une technologie à de nouveaux marchés, ou encore utilisation de nouvelles technologies pour alimenter des marchés existants. Or, ce processus n'est pas complètement linéaire. L'innovation nécessite une intense communication entre les différents acteurs -- entreprises, laboratoires, établissements universitaires et consommateurs -- ainsi que des allers-retours entre les volets science, technique, développement des produits, fabrication et commercialisation.

Dans une économie du savoir, les entreprises sont en quête de **relais en vue de promouvoir un apprentissage interactif** entre entreprises ainsi que de partenaires et de réseaux externes, pour bénéficier d'atouts complémentaires. Ce tissu de relations aide les entreprises à diluer les coûts et les risques liés à l'innovation entre un plus grand nombre d'organisations, afin d'avoir accès aux derniers résultats de la recherche, d'acquérir des composantes technologiques essentielles d'un nouveau produit ou procédé, et de partager les moyens de fabrication, de commercialisation et de distribution. À mesure qu'elles développent de nouveaux produits et procédés, les entreprises déterminent les activités qu'elles entreprendront par elles-mêmes, en collaboration avec d'autres entreprises, en collaboration avec des universités ou des établissements de recherche, ou avec l'aide de l'État.

L'innovation résulte donc des multiples interactions d'une communauté d'agents économiques et d'établissements qui, ensemble, forment ce que l'on a appelé **système nationaux d'innovation**. De plus en plus, ces systèmes d'innovation s'étendent au-delà des frontières nationales. Ils portent essentiellement sur les mouvements et les relations qui existent entre les branches industrielles, les pouvoirs publics et les milieux universitaires, dans l'optique du développement de la science et de la technologie. Les interactions au sein de ces systèmes influent sur la performance des entreprises et des économies en matière d'innovation. Le "*pouvoir de diffusion du savoir*" du système, ou sa capacité de garantir aux novateurs un accès opportun aux stocks de savoir dont ils ont besoin, est de toute première importance. On commence à peine à quantifier et à dresser la carte des circuits de diffusion du savoir et de l'innovation dans l'économie, qui sont considérés comme les nouveaux éléments clés de la performance économique (tableau 2).

**Figure 2. Modèles d'innovation**



Source : Stephen J. Klein et Nathan Rosenberg (1986), "An Overview of Innovation", dans R. Landau et N. Rosenberg (dir. pub.), The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth, National Academy Press, Washington, DC.

**Tableau 2. Cartographie des systèmes nationaux d'innovation :  
mobilité des chercheurs en Norvège**  
Nombre de changements d'emploi, 1992

	Vers les établissements de recherche	En provenance d'établissements de recherche
Candidats à l'enseignement supérieur	173	--
Chercheurs de l'enseignement supérieur	104	83
Autres établissements de recherche	41	29
À l'étranger	20	19
Secteur public	49	33
Secteur industriel et commercial	71	95

*Source* : Smith, K., E. Dietrichs et S. Nås (1995). "The Norwegian National Innovation System: A Pilot Study of Knowledge Creation, Distribution and Use", rapport présenté à l'Atelier de l'OCDE sur les systèmes nationaux d'innovation, Vienne, 6 octobre.

## F. Savoir et emploi

L'économie du savoir se caractérise par une demande accrue de travailleurs qualifiés sur le marché du travail, lesquels bénéficient aussi de primes en matière de salaires (tableau 3). Des études menées sur certains pays montrent que plus rapide est l'introduction de moyens de production à forte intensité de savoir, comme ceux qui reposent sur les technologies de l'information, plus forte est la demande de travailleurs qualifiés. D'autres études font apparaître que les travailleurs qui utilisent des techniques avancées, ou qui sont employés dans des entreprises dotées de technologies avancées sont mieux rémunérés. Cette préférence du marché du travail pour les travailleurs dont les compétences générales dans le traitement du savoir codifié a des retombées négatives sur la demande de travailleurs moins qualifiés. Il ne faudrait pas que de telles tendances aient pour effet de priver une proportion de plus en plus importante de la population active d'emplois normalement rémunérés.

**Tableau 3. Tendances de l'emploi dans le secteur manufacturier**  
Taux de croissance sur la période 1970-94, en pourcentage

	Total secteur manuf.	Qualifié	Non qualifié	Salaire élevé	Salaire moyen	Salaire faible
OCDE-19	-0.3	0.1	-0.7	0.2	-0.2	-0.7
Australie	-0.7	-0.1	-1.3	-0.6	-0.4	-1.1
Canada	0.3	0.3	0.3	1.4	0.3	0.0
Danemark	-0.8	-0.3	-1.3	0.8	-0.5	-1.5
Finlande	-1.3	-0.3	-2.1	1.3	-0.6	-2.7
France	-1.2	-0.4	-1.8	-0.6	-1.1	-1.5
Allemagne	-0.8	-0.5	-1.1	0.4	-0.7	-1.5
Italie	-0.7	-0.4	-0.9	-1.1	-0.4	-0.8
Japon	0.2	0.9	-0.2	1.2	0.4	-0.3
Pays-Bas	-1.5	-1.1	-2.1	-0.8	-1.1	-2.4
Norvège	-1.5	-0.8	-2.1	0.2	-1.3	-2.1
Suède	-1.5	-0.8	-2.4	0.5	-1.5	-2.2
Royaume-Uni	-2.3	-1.7	-2.9	-2.0	-2.4	-2.4
États-Unis	-0.1	0.0	-0.3	-0.1	0.1	-0.5

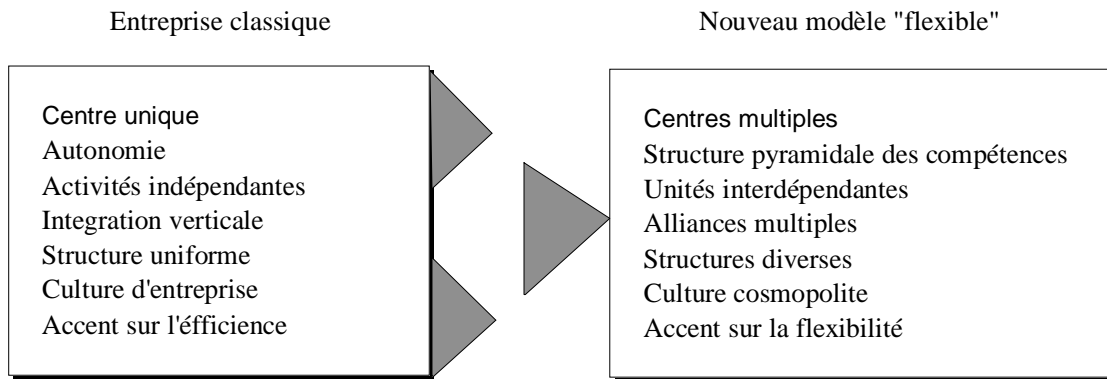
*Source* : OCDE, DSTI, base de données STAN.

L'*Étude de l'OCDE* sur l'emploi souligne l'évolution, dans les années 80, vers une polarisation des marchés du travail. Aux États-Unis, les salaires relatifs des travailleurs les moins qualifiés ont fléchi, alors que le taux global de chômage restait faible. Le Royaume-Uni a connu un même creusement de l'écart salarial entre travailleurs qualifiés et non qualifiés. Dans les autres grands pays européens, on ne constate pas pareille polarisation, mais la situation de l'emploi s'est détériorée pour les travailleurs non qualifiés. Le Japon a globalement évité une aggravation de la polarisation des salaires et des perspectives d'emploi. Si les mesures qui concernent les marchés du travail et d'autres réglementations gouvernementales contribuent à ces différents résultats, elles dénotent aussi des évolutions technologiques qui ont rendu la main-d'oeuvre instruite et qualifiée plus précieuse, au détriment des travailleurs non qualifiés (OCDE, 1994).

Trois hypothèses ont été avancées afin d'expliquer les tendances actuelles sur le marché du travail dans les pays de l'OCDE : la mondialisation, une modernisation technologique déséquilibrée et une évolution du comportement des entreprises.

- ◇ Une première hypothèse consiste à dire que la **mondialisation** et l'intensification de la concurrence internationale ont contribué à une contraction de la demande relative de travailleurs non qualifiés dans les pays de l'OCDE. Les observations empiriques montrent, toutefois, que l'accroissement des importations en provenance de pays à bas salaires est probablement une source de chômage, mais que l'échelle de ce surcroît d'importations est si limitée qu'elle ne peut être, à elle seule, que très partiellement responsable du phénomène (Katz et Murphy, 1992).
- ◇ Une autre explication tient à ce que le **progrès technologique** évolue nettement en faveur des travailleurs qualifiés. Les données sont un peu disséminées, mais les études consacrées à l'utilisation des technologies de l'information soulignent cette tendance. Leurs conclusions montrent que la polarisation des salaires et des perspectives d'emploi est la plus prononcée dans les entreprises qui ont introduit l'informatique et d'autres applications des technologies de l'information dans l'entreprise (Krueger, 1993 ; Lauritzen, 1996).
- ◇ Certains universitaires voient dans l'évolution institutionnelle sur les marchés du travail et dans la **modification du comportement des entreprises** la principale cause de la baisse des salaires réels des travailleurs faiblement qualifiés dans certains pays de l'OCDE. Les nouveaux postes de travail ou entreprises flexibles à haute performance mettent en avant des qualités professionnelles comme l'initiative, la créativité, l'aptitude à résoudre les problèmes ou l'ouverture au changement, et les employeurs sont disposés à payer une prime pour de telles compétences (figure 3). En outre, l'affaiblissement des syndicats dans certains pays peut avoir des effets négatifs sur la situation relative des travailleurs non qualifiés, car il a incité les employeurs à mettre en oeuvre des stratégies de bas salaires et à faire largement appel à la délocalisation et à l'externalisation des approvisionnements.

Figure 3. L'entreprise "flexible"



Source : Homer Bahrami (1992), *The Emerging Flexible Organisation*, *California Management Review*, 1992.

Ces hypothèses présentent cependant un inconvénient, celui de se fonder pour l'essentiel sur une analyse de données relatives aux États-Unis, qui ne s'applique pas nécessairement à d'autres pays. Par ailleurs, ces trois hypothèses ont normalement été testées séparément et posées comme solution alternative les unes aux autres, alors que selon toute vraisemblance, elles interagissent dans leurs effets sur l'emploi. Bien plus probablement, ces trois phénomènes -- accélération de l'internationalisation et du progrès technologique et retombées sur le mode d'organisation des entreprises -- ont eu pour effet conjugué d'intensifier la demande d'acquisition rapide de connaissances à tous les niveaux de l'économie. Même s'il existe des inadéquations sur le marché du travail à court terme, l'adoption d'une politique avisée en matière d'apprentissage devrait déboucher, dans une optique à long terme, sur une amélioration de la croissance et sur la création d'emplois.

## G. Action des pouvoirs publics

L'évolution de l'économie industrielle vers une économie post-industrielle fondée sur le savoir se confirme dans les pays de l'OCDE. Productivité et croissance y sont désormais largement déterminées par le rythme du progrès technique et de l'acquisition de connaissances. Les réseaux ou systèmes permettant de diffuser efficacement le savoir et l'information sont désormais d'une importance fondamentale. Les composantes de l'économie à forte intensité de savoir et de haute technologie sont généralement les plus dynamiques pour ce qui est de la croissance de la production et de l'emploi, ce qui intensifie la demande de travailleurs qualifiés. L'apprentissage, au niveau de l'individu comme de l'entreprise, est déterminant pour les uns et les autres s'ils veulent concrétiser le potentiel de productivité des nouvelles technologies et assurer la croissance économique à long terme.

Dans ces économies fondées sur le savoir, la politique menée par les pouvoirs publics, notamment dans les domaines de la science et de la technologie, de l'industrie et de l'éducation, doit faire l'objet d'un intérêt redoublé. Il faut reconnaître le rôle central de l'entreprise et l'importance des systèmes nationaux d'innovation et déterminer les besoins en matière d'infrastructures, ainsi que les incitations de nature à favoriser l'investissement dans la recherche et la formation (OCDE, 1996b). Au rang des priorités, il faudra nécessairement :

- ◇ **Améliorer la diffusion du savoir** -- Il s'agira d'élargir l'aide à l'innovation et de l'étendre à des projets scientifiques et technologiques plus apparentés à des "*missions*", à des programmes de "*diffusion*", notamment en jetant les bases d'une collaboration université-entreprise-État, en facilitant la diffusion de nouvelles technologies auprès d'un large éventail de secteurs et d'entreprises, et en facilitant le développement d'infrastructures d'information.
- ◇ **Mettre en valeur le capital humain** -- Il faudra adopter des mesures favorisant le libre accès aux compétences et aux qualifications, en particulier la capacité d'apprendre. Il s'agit, notamment, d'offrir une formation scolaire générale, d'inciter par divers moyens les entreprises et les individus à suivre une formation continue ou à opter pour une démarche d'acquisition constante de connaissances, et d'améliorer l'appariement de l'offre et de la demande de travail en ce qui concerne les besoins en matière de qualifications.
- ◇ **Favoriser l'évolution des modes d'organisation** -- Pour traduire le progrès technique en gains de productivité, il faut procéder à toute une série de changements organisationnels au niveau de l'entreprise pour en accroître la flexibilité, notamment en ce qui concerne les modalités de travail, la mise en place de réseaux, la polyvalence de la main-d'oeuvre et la décentralisation. Les pouvoirs publics peuvent mettre en place les conditions et les infrastructures indispensables à ces changements par l'application de mesures dans les domaines de la finance, de la concurrence, de l'information ou autres.

## II. LE RÔLE DU SYSTÈME SCIENTIFIQUE DANS UNE ÉCONOMIE DU SAVOIR

### A. Introduction

Dans une économie du savoir, le système scientifique national revêt une importance accrue. Les laboratoires et autres établissements publics de recherche sont au cœur de ce système scientifique, qui se compose plus généralement d'organismes ministériels scientifiques et de conseils de recherche, d'entreprises et autres instances privées et d'une infrastructure de soutien. Dans l'économie du savoir, le système scientifique joue un rôle dans les fonctions clés de : *i*) la **production de savoir** (développer et fournir des connaissances nouvelles) ; *ii*) la **transmission du savoir** (éduquer et valoriser les ressources humaines) ; et *iii*) le **transfert du savoir** (diffuser les connaissances et fournir les éléments requis pour résoudre les problèmes).

En dépit de leur importance accrue dans les économies fondées sur le savoir, les systèmes scientifiques dans les pays de l'OCDE traversent actuellement une phase de transition. Ils sont soumis à de rudes contraintes budgétaires alliées à un accroissement des coûts marginaux du progrès scientifique dans certaines disciplines. Plus important encore, il leur appartient de concilier leurs fonctions traditionnelles et leur nouveau rôle en tant qu'élément d'un ensemble plus large, l'économie du savoir.

### B. La production de savoir

Le système scientifique est, traditionnellement, considéré comme la principale source de connaissances nouvelles, au travers de la recherche fondamentale dans les universités et les laboratoires publics. Ce savoir nouveau est généralement qualifié de "*science*" et dissocié de la connaissance issue de la recherche plus axée sur les applications ou à vocation commerciale, qui est plus proche du marché et de la "*technologie*" à l'autre bout de la chaîne. Dans une économie du savoir, la frontière entre recherche fondamentale et recherche appliquée comme entre science et technologie est quelque peu estompée. On s'interroge pour savoir où placer exactement la ligne de partage entre science et technologie et pour savoir si le système scientifique est l'unique ou principale source de savoir nouveau. Ce débat se justifie du fait des divergences de vues quant au rôle approprié des pouvoirs publics dans le financement de la production de différentes catégories de savoir.

Le **savoir scientifique** s'applique à un éventail d'entreprises humaines qui s'élargit rapidement. Le savoir technologique résulte plutôt de l'affinement des connaissances et de leur application à des problèmes concrets. La science est considérée comme la partie de la connaissance qu'aucun membre ou groupe de la société ne peut ni ne doit s'approprier, car elle doit être largement diffusée. C'est la base fondamentale des connaissances qui est l'élément générique du progrès technologique. De ce fait, la science est pour l'essentiel perçue comme un "*bien public*", un bien que tous ceux qui le souhaitent peuvent et doivent se partager au profit de la collectivité. La science étant un bien public, au même titre que la qualité de l'environnement, il peut se faire que le secteur privé n'investisse pas suffisamment dans sa création puisqu'il sera dans l'incapacité de se l'approprier ou de rentabiliser convenablement son investissement. Les pouvoirs publics ont donc un rôle à jouer pour assurer et subventionner la création de

savoir scientifique, au bénéfice de l'intérêt collectif, comme ils le font en réglementant la protection de l'environnement.

Pour certains, la **distinction entre science et technologie** dans une économie du savoir n'a plus grand sens (Gibbons *et al.*, 1994). Selon eux, les investissements consacrés par le passé à l'éducation et à la recherche ont permis de "massifier" les méthodes de l'investigation scientifique et de les diffuser à travers toute la société. De ce fait, aucun lieu d'investigation scientifique, que celle-ci soit menée dans le secteur privé ou dans le secteur public, ne peut être isolé comme le point d'origine de connaissances scientifiques. En outre, il ne semble plus qu'il existe encore aujourd'hui de différence fondamentale dans la nature des connaissances scientifiques et technologiques, qui peuvent être les résultats conjoints de la même activité de recherche. Les analyses du processus de recherche ont montré que les avancées technologiques sont souvent le fruit d'un faible apport scientifique et que la recherche de solutions techniques peut constituer une source féconde d'interrogations et de réponses scientifiques nouvelles. On ne peut donc plus présumer que la base traditionnelle du système scientifique, c'est-à-dire des établissements de recherche et des universités, domine la production de connaissances scientifiques.

Pour les tenants de cette thèse, les entreprises privées investiront dans la recherche fondamentale, même si ses concurrents profitent des retombées, si elles peuvent retirer suffisamment de l'exploitation ou de la suite donnée à cette connaissance au profit d'autres activités, de façon à justifier l'investissement de départ. Cette thèse suppose une révision fondamentale de la justification des aides publiques à la recherche scientifique et la nécessité de suivre des politiques axées sur l'interaction entre toutes les sources possibles de connaissances scientifiques. Un financement public de la recherche peut être nécessaire afin d'élargir la gamme des connaissances exploitables susceptibles de déboucher sur une application commerciale. Pour ces théoriciens, dans la mesure où il est possible de s'approprier le savoir scientifique, de manière directe ou indirecte, il est indispensable de modifier ou de rejeter l'idée selon laquelle la science est un bien collectif.

Depuis quelques années, la part du total de la **recherche-développement (R-D) qui est financée par l'industrie** a augmenté par rapport à la part financée par l'État dans la quasi-totalité des pays de l'OCDE. L'industrie finance désormais quelque 60 pour cent des activités de R-D dans la zone de l'OCDE et mène environ 67 pour cent de l'ensemble de la recherche (tableau 4). Pourtant, on observe parallèlement un ralentissement de la croissance globale des dépenses de R-D. Dans les pays de l'OCDE, la croissance des dépenses nationales de R-D accuse une baisse tendancielle depuis la fin des années 80, et une contraction en valeur absolue a été enregistrée au début des années 90. Les dépenses de R-D se sont maintenant stabilisées, pour représenter environ 2.3 pour cent du PIB dans la zone de l'OCDE. Au vu de ce ralentissement de l'effort de R-D, on pense que les dépenses consacrées à la recherche fondamentale risquent d'en subir les conséquences dans certains pays (sauf peut-être aux États-Unis où la part de la recherche fondamentale dans l'effort global de R-D a augmenté). Dans certains grands pays de l'OCDE, le financement public de la recherche fondamentale ne progresse pas et régresse même, dans certains domaines. Dans le même temps, le secteur privé semble rogner sur ses projets de recherche à long terme, de caractère plus générique.

**Tableau 4. Tendances des dépenses nationales de R-D**  
Pourcentage

	<b>Par origine du financement</b>							
	Entreprises industrielles et commerciales		État		Autres sources nationales		À l'étranger	
	1981	1993	1981	1993	1981	1993	1981	1993
Japon (révisé)	67.7	73.4	24.9	19.6	7.3	7.0	0.1	0.1
Amérique du Nord	48.4	57.6	49.3	39.6	2.0	2.3		
UE-15	48.7	53.2	46.7	39.7	1.1	1.4	3.5	5.7
<b>Total OCDE</b>	<b>51.2</b>	<b>58.8</b>	<b>45.0</b>	<b>36.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.9</b>		

	<b>Par secteur de réalisation</b>							
	Entreprises industrielles et commerciales		État		Autres sources nationales		À l'étranger	
	1981	1993	1981	1993	1981	1993	1981	1993
Japon (révisé)	66.0	71.1	12.0	10.0	17.6	14.0	4.5	4.9
Amérique du Nord	69.3	70.3	12.6	10.8	15.1	15.7	3.0	3.2
UE-15	62.4	62.6	18.9	16.5	17.4	19.5	1.4	1.4
<b>Total OCDE</b>	<b>65.8</b>	<b>67.4</b>	<b>15.0</b>	<b>12.7</b>	<b>16.6</b>	<b>17.1</b>	<b>2.6</b>	<b>2.9</b>

Source : OCDE, DSTI, base de données STIU.

La capacité du secteur privé à mener un volume suffisant de recherche purement fondamentale suscite quelque scepticisme. Dans l'industrie, la recherche fondamentale s'apparente le plus souvent à la recherche de connaissances nouvelles éventuellement applicables aux besoins de l'entreprise ; ce n'est généralement pas une recherche motivée par la simple curiosité ou des demandes d'ordre plus général. C'est aussi une faible partie de l'effort global de R-D industrielle. Aux États-Unis, par exemple, les dépenses de R-D industrielle sont consacrées à hauteur de 70 pour cent au développement (conception, expérimentation, produits ou procédés prototypes et usines pilotes), de 22 pour cent à la recherche exploratoire ou appliquée et de 8 pour cent à la recherche fondamentale (IRI, 1995). On peut se demander sérieusement s'il serait possible de produire suffisamment de connaissances scientifiques sans les subventions et les aides de l'État. On préconise parfois une plus grande coopération internationale dans le domaine de la recherche fondamentale de façon à économiser les ressources et à profiter des économies d'échelle inhérentes aux activités conjointes. Dans une optique à long terme, toutefois, les pays qui n'auront pas investi dans la production scientifique risquent de ne pas pouvoir prétendre à l'avant-garde du progrès dans une économie du savoir.

### C. La transmission du savoir

Le système scientifique est un élément capital de la transmission du savoir, en particulier pour **les enseignements et la formation dispensés aux scientifiques et aux ingénieurs**. Dans une économie du savoir, l'acquisition de connaissances devient un paramètre important qui détermine le sort des individus, des entreprises et des économies nationales. Les facultés humaines d'acquisition et d'application de compétences nouvelles sont la clé de l'assimilation et de l'utilisation des technologies nouvelles. Des chercheurs et techniciens convenablement formés sont absolument indispensables pour produire et appliquer les connaissances tant scientifiques que technologiques. Le système scientifique, et tout particulièrement les universités, occupe une place centrale dans la formation du corps de chercheurs dont l'économie fondée sur le savoir a besoin.

Les données disponibles montrent que la **production de nouveaux chercheurs** dans la zone de l'OCDE pourrait se ralentir avec le tassement de la croissance des investissements en R-D (tableau 5). Dans les années 80, le nombre de chercheurs dans la zone de l'OCDE a nettement augmenté (c'est-à-dire tous ceux qui travaillaient directement à la R-D dans les secteurs public et privé), de près de 40 pour cent entre 1981 et 1989, soit l'équivalent de 65 000 à 70 000 nouveaux chercheurs par an. Mais la progression a été moins rapide que celle des dépenses de R-D (de 50 pour cent) au cours de la même période. Le rythme d'accroissement des dépenses et des ressources humaines progressent moins dans les années 90. L'accroissement du nombre de chercheurs dans les universités et les établissements publics de recherche a été plus lent que dans le secteur privé, qui emploie environ 66 pour cent du personnel de recherche des pays de l'OCDE. Indépendamment de leur secteur d'appartenance, ces ressources humaines proviennent du système scientifique. La contraction de la recherche dans les universités, les laboratoires et l'industrie limitent les carrières scientifiques et se traduit par une formation insuffisante pour les scientifiques et les ingénieurs de demain.

**Tableau 5. Évolution du nombre total de chercheurs**  
Équivalent temps plein

	Taux de croissance annuelle moyen		Variation en
	1981-85	1985-89	pourcentage par rapport à l'année précédente 1993/92
États-Unis	3.9	3.6	1.9
Canada	6.8	4.2	2.2
Japon (révisé)	5.2	4.7	3.2
Australie	6.3	7.3	
Amérique du Nord	4.0	3.6	0.2
UE-15	1.5	4.1	
<b>Total OCDE</b>	<b>3.4</b>	<b>4.1</b>	<b>1.0</b>

Source : OCDE, DSTI, base de données STIU.

Les universités ne sont pas confrontées à la seule difficulté de la contraction des budgets de recherche. Un autre de leurs problèmes est **d'assurer une formation générale** à un nombre croissant de citoyens tout en animant la formation à haut niveau à travers la recherche menée par les étudiants préparant ou possédant un doctorat. Dans la plupart des pays de l'OCDE, le nombre d'étudiants et la proportion de jeunes inscrits dans les établissements d'enseignement supérieur a fortement augmenté, d'où des tensions entre les aspects qualitatifs et quantitatifs de l'enseignement. Les universités doivent continuer à faire de la recherche de qualité et assurer une formation à la recherche, alors que leurs ressources diminuent et que les demandes des étudiants augmentent. Parallèlement, des discordances commencent à apparaître entre les besoins du marché en chercheurs nouveaux d'une part et, de l'autre, entre les qualifications et l'orientation de l'offre de nouveaux titulaires d'un doctorat. Un troisième problème, qui a trait à la nécessité de susciter l'intérêt des jeunes pour les carrières scientifiques, pourrait être lourd de conséquences non seulement pour l'offre de chercheurs et d'ingénieurs, mais aussi sous l'angle de la sensibilisation du public à la valeur économique de la science et de la technologie.

Le système scientifique a donc la lourde tâche de concilier le rôle qui lui revient dans la création de connaissances, rôle qui est plus important encore dans l'économie fondée sur le savoir, et sa fonction de transmission du savoir ou sa mission éducative. Nombreux sont ceux qui pensent que la mission première de l'université est d'instruire, de renouveler et d'accroître, pour les besoins des sociétés modernes, le stock d'individus incarnant les connaissances accumulées et les aptitudes à résoudre les problèmes. Le fait que

les universités participent également, à des degrés divers selon les pays de l'OCDE, à la création de connaissances nouvelles, pourrait apparaître comme un produit secondaire ou conjoint de leur mission éducative. Dans la pratique, les universités organisent la conduite de leurs travaux de recherche autour de leur mission éducative, à travers les importantes tâches de recherche qu'elles confient à leurs étudiants et leur participation à des activités techniques. Dans leurs efforts pour contourner l'obstacle des contraintes budgétaires, les universités pourraient être amenées à préserver, à des degrés très divers, la primauté de leur mission éducative. Avec les contraintes budgétaires, il leur est plus difficile de maintenir l'équilibre et les liens nécessaires entre la recherche et l'enseignement.

#### **D. Le transfert du savoir**

Le système scientifique joue un rôle de premier plan dans le transfert et la diffusion du savoir dans l'économie. L'une des caractéristiques essentielles de l'économie du savoir réside dans la prise de conscience du fait que la **diffusion des connaissances** est tout aussi importante que leur création, ce qui conduit à attacher une attention grandissante aux "*réseaux de diffusion du savoir*" et aux "*systèmes nationaux d'innovation*". Ces réseaux et systèmes sont les structures et les maillons qui soutiennent la progression et l'utilisation du savoir dans l'économie en même temps que les liens qui les unissent. Ils sont un élément capital de l'aptitude des pays à diffuser les innovations et à assimiler et maximiser la contribution de la technologie au développement de procédés de production et de produits.

Dans un tel contexte, le système scientifique a un rôle majeur à jouer en créant les connaissances qui nourriront le progrès technologique et en mettant en place une base culturelle commune pour l'échange d'informations. Les économies se caractérisent par différents degrés de "*capacité de diffusion*" lorsqu'il s'agit de transférer les connaissances dans, et entre, les réseaux de chercheurs et les établissements de recherche. La capacité de diffusion d'une économie dépend en partie de l'existence d'incitations et d'institutions, par exemple des établissements d'enseignement supérieur, qui interviennent dans la dissémination du savoir. La diffusion efficace des connaissances exige aussi des investissements en faveur de l'acquisition des compétences requises pour créer des connaissances et les adapter en vue de leur utilisation concrète, ainsi que la mise en place d'unités ou de centres servant de passerelles. Des arbitrages s'imposent donc entre les investissements consacrés à la production du savoir et à la création d'aptitudes pour la diffusion et l'exploitation de connaissances scientifiques.

Dans l'économie du savoir, le système scientifique doit établir un équilibre non seulement entre ses fonctions de production du savoir (recherche) et de diffusion du savoir (enseignement et formation), mais également avec sa troisième fonction de transfert des connaissances aux acteurs économiques et sociaux, en particulier aux entreprises, qui auront à les exploiter. Les pays de l'OCDE s'emploient tous à développer les liens entre le système scientifique et le secteur privé afin d'accélérer la diffusion du savoir. Ils mettent en oeuvre, à cette fin, des dispositifs visant à inciter les universités et les laboratoires à associer des partenaires industriels au choix et à la réalisation de leurs activités de recherche.

Pour ce qui est de l'enseignement supérieur, les liens de **collaboration entre l'université et l'industrie** ouvrent des possibilités d'accentuer la pertinence de la mission éducative de l'université tout en suscitant de nouvelles pistes de recherche. Ils constituent un moyen à la fois de transférer efficacement des connaissances économiquement utiles et d'assurer la formation avancée dans les qualifications dont l'industrie a besoin. En règle générale, une grande partie du savoir produit dans les établissements publics et les universités ne peuvent pas faire l'objet d'une demande de brevet de la part de personnes associées à leur création ; de plus, les salaires et les équipements ont été financés sur des deniers publics. Aujourd'hui, les projets de recherche conjoints et d'autres formes de collaboration mettent en évidence des questions d'ordre économique comme l'octroi de licences d'exclusivité, les droits de propriété intellectuelle, la

répartition des parts de capital, les conflits d'intérêts, la durée des délais de publication et le mélange des moyens de financement.

D'autres aspects peuvent, toutefois, avoir un effet plus profond sur la contribution des universités à la science. L'ampleur du financement de la recherche assuré par l'industrie pourrait conduire les universités concernées à spécialiser leurs efforts sur des domaines qui, à long terme, pourraient nuire à la diversification et à la nature même des travaux qu'elles sont en mesure de réaliser. Une part croissante (qui va jusqu'à 50 pour cent dans certaines universités) des ressources allouées à la recherche universitaire provient de contrats avec l'industrie, si bien que les universités sont de plus en plus tributaires du secteur privé pour le financement de l'activité de recherche et son orientation vers des fins plus commerciales. À mesure que la collaboration entre l'université et l'industrie devient la norme dans de nombreux domaines de la recherche fondamentale, ce que les milieux académiques apportent habituellement à la production de connaissances scientifiques peut être progressivement débordé par la force des intérêts économiques en jeu.

On craint, par ailleurs, que la collaboration entre l'université et l'industrie ne revienne à confiner les plus éminents chercheurs dans une poignée d'universités ou de centres de recherche. Les efforts menés en coopération exigent souvent une proximité géographique et une solide base de connaissances spécialisées pour mettre en place l'infrastructure complémentaire et assurer le transfert des connaissances requises. Une telle concentration de la recherche, qu'elle soit organisée dans le cadre de parcs scientifiques ou seulement le fruit d'une concentration des activités de recherche industrielle, peut désavantager les établissements d'enseignement et les centres de recherche de dimension réduite. Qui plus est, la concentration de l'effort de recherche peut limiter l'aptitude des établissements qui en sont exclus à mettre leurs étudiants en contact avec les travaux de recherche de haut niveau. Ces craintes ne sont, toutefois, pas nécessairement fondées étant donné que les chercheurs sont de plus en plus en mesure de se relier électroniquement grâce aux technologies de l'information et des communications.

De multiples questions du même type se posent au niveau de la **composante publique ou gouvernementale** du système scientifique. La structure des conseils de recherche est en train d'être modifiée de sorte qu'ils puissent privilégier les domaines stratégiques, favoriser les synergies entre disciplines et associer le secteur privé à leurs activités. Il est demandé à l'industrie de participer à la définition des domaines sur lesquels la recherche, notamment la recherche fondamentale, doit porter. Les laboratoires publics créent des co-entreprises avec le secteur privé. Dans une économie du savoir, les pouvoirs publics affectent davantage de fonds aux activités scientifiques qui sont jugées mériter une priorité en raison de leur intérêt économique et social (les technologies de l'information et la biotechnologie, par exemple). Cela pourrait conduire les établissements publics de recherche à être à ce point tributaires des réorientations des priorités et des besoins nationaux qu'elles risqueraient de voir leurs missions de recherche invalidées ou radicalement altérées.

Outre l'établissement de liens avec l'industrie dans le but d'amplifier la diffusion du savoir, les universités et les laboratoires sont de plus en plus appelés à **concourir directement à la recherche de solutions** à des problèmes dans le cadre d'investigations technologiques. En dépit de son caractère générique, le système scientifique a toujours joué un rôle important en faisant connaître les perspectives fécondes ou les impasses d'ordre pratique sur lesquelles peuvent déboucher les travaux de recherche davantage axés sur les applications et en contribuant directement à l'obtention de résultats stratégiques ou commerciaux. Cette fonction de règlement des problèmes prend une résonance particulière dans une économie du savoir. Ainsi, l'apparition de systèmes de fabrication flexibles a fait naître de nouvelles demandes pour des connaissances scientifiques relatives aux matériaux, aux procédés de production, et même aux méthodes de gestion. La prépondérance grandissante des résultats économiques des activités de service réclame une connaissance scientifique des améliorations organisationnelles et la création de

réseaux pour maintenir les progrès de la productivité. De même, les nouvelles technologies de l'information et de la communication reposent en grande partie sur la science, et celle-ci a encore beaucoup à offrir pour aider ces technologies à contribuer au maximum à la production et à l'emploi.

Du fait notamment de l'importance qui est maintenant la sienne dans une économie du savoir, le système scientifique se trouve écartelé entre les domaines traditionnels de la recherche et les investigations qui promettent des résultats immédiats. Selon une thèse largement répandue, pour que les scientifiques puissent créer les connaissances qui donneront naissance aux technologies du siècle prochain, il faut les encourager à avoir leurs propres idées au lieu de poursuivre plus avant celles de l'industrie. Ils devraient bénéficier d'une marge de manoeuvre suffisante pour orienter leurs recherches en se laissant guider par leur propre esprit de curiosité, même si ces voies ne paraissent pas avoir une valeur immédiate pour l'industrie. D'un autre côté, quelques-unes des percées scientifiques les plus notables sont nées de solutions trouvées à des problèmes industriels. L'économie du savoir rehausse, certes, le profil du système scientifique, mais elle conduit aussi à mettre en question de manière plus intense son identité fondamentale.

## **E. L'action des pouvoirs publics**

Nous savons, certes, que le système scientifique contribue à la production, à la transmission et au transfert du savoir, mais nous n'avons guère progressé en ce qui concerne la mesure de l'ampleur de ces contributions. Un problème connexe, qui revêt de plus en plus d'importance pour le devenir de l'aide publique au système scientifique, consiste à établir une norme permettant de déterminer dans quelle mesure le financement public de la recherche se justifie. S'il est couramment admis que le financement public de la recherche scientifique a procuré des avantages notables, on se préoccupe de savoir comment ces résultats peuvent être mesurés et reliés au niveau des financements.

Il est difficile de **mesurer l'apport de la connaissance scientifique** à l'économie pour plusieurs raisons. Tout d'abord, parce que la plupart des connaissances scientifiques sont librement divulguées, il est malaisé de retrouver la trace de leur utilisation et, par conséquent, des avantages qu'elles procurent dans la conduite des activités économiques privées. Deuxièmement, les résultats de l'investigation scientifique ouvrent des possibilités plutôt qu'elles ne sont directement applicables aux fins de l'innovation technologique, ce qui obscurcit encore la trace de leurs effets positifs. En troisième lieu, les connaissances scientifiques nouvelles peuvent économiser des ressources qui auraient été sinon investies dans l'exploration d'impasses scientifiques ou techniques, mais ces économies de ressources ne donnent lieu à aucun constat. C'est pourquoi l'analyse des coûts et des avantages, l'une des méthodes privilégiées de l'évaluation des investissements publics, conduira vraisemblablement à sous-estimer les avantages de la recherche scientifique.

Les efforts tendant à définir et évaluer avec plus de précision le système scientifique s'inscrivent dans une période d'austérité budgétaire dans tous les pays de l'OCDE. Les indicateurs existants n'aident guère à se faire une idée de **l'impact global de la science sur l'économie** ou à évaluer comment l'affectation des financements doit se faire entre les domaines d'investigation déjà établis et ceux qui se font jour. La nécessité de mieux comprendre l'apport du système scientifique aux économies de l'OCDE est accentuée par le débat actuel sur la nature du savoir scientifique et le rôle des pouvoirs publics. Un autre aspect qui vient s'ajouter à ces questions en les compliquant davantage encore a trait au rôle en pleine évolution que joue le système scientifique dans la diffusion et le transfert des connaissances au secteur privé en vue d'améliorer la croissance économique et la compétitivité. Le défi que doit relever le système scientifique, et les pouvoirs publics avec lui, est de s'adapter au rôle nouveau qui lui revient dans

la nouvelle économie du savoir sans pour autant perdre de vue l'impérative nécessité d'assurer un volume suffisant de recherche pure, générique et à but non commercial.

### III. DES INDICATEURS ADAPTÉS À UNE ÉCONOMIE FONDÉE SUR LE SAVOIR

#### A. Introduction

Les indicateurs économiques sont des mesures qui permettent de résumer en un coup d'oeil la performance d'un système économique. Depuis qu'ils ont été mis au point dans les années 30, et plus particulièrement après la Deuxième guerre mondiale, les comptes nationaux et des mesures comme le Produit intérieur brut (PIB) sont les indicateurs économiques standard des pays de l'OCDE. Sur la base des recensements détaillés qui dressent un bilan de l'activité économique au niveau des établissements, ils mesurent les principaux agrégats comme la production, l'investissement, la consommation et l'emploi, et les taux de change correspondants. Ces indicateurs classiques guident les décisions des gouvernements et d'un large éventail d'agents économiques, entreprises, consommateurs et travailleurs, notamment. Cela étant, dans la mesure où l'économie du savoir s'écarte, dans son fonctionnement, de la théorie économique classique, les indicateurs dont on dispose ne parviennent peut-être pas à capter les aspects fondamentaux de la performance économique et risquent d'orienter la politique économique sur des prémisses erronées.

Ces **indicateurs économiques classiques** n'ont jamais été totalement satisfaisants, principalement du fait qu'ils ne rendent pas compte de la performance économique au-delà de la valeur agrégée des biens et des services. Les féministes contestent la notion de PIB car celui-ci ne prend pas en compte le travail au foyer. Les écologistes font valoir que les indicateurs classiques ne prennent pas en compte le coût de la pollution croissante, la destruction de la couche d'ozone ou l'épuisement progressif des gisements de ressources naturelles. Les sociologues mettent en évidence la divergence entre la performance économique telle qu'elle est mesurée habituellement et d'autres aspects du bien-être de l'homme. En réponse à ces critiques, on s'efforce actuellement d'élargir les recensements afin d'y inclure un ensemble d'activités domestiques, comme le nettoyage, la préparation de la nourriture et les soins donnés aux enfants. On s'efforce actuellement "*d'écologiser*" les comptes nationaux en y incluant des indicateurs qui mesurent la destruction des forêts et des ressources minérales ou la pollution de l'air et de l'eau. On a aussi proposé l'établissement de nouveaux indicateurs qui mesurent plus directement le bien-être social, prenant en compte le taux de délinquance, le logement social, la mortalité infantile, la morbidité et la nutrition.

**Mesurer la performance de l'économie du savoir** est probablement une opération encore plus délicate. Des obstacles systématiques s'opposent à l'enregistrement comptable du capital intellectuel, à mettre en parallèle avec la comptabilisation classique du capital fixe. Dans cette économie fondée sur le savoir, le savoir lui-même est particulièrement difficile à quantifier, et aussi à apprécier. Nous disposons d'indicateurs très indirects et partiels de la croissance du fonds de connaissances lui-même. Une proportion non connue du savoir est implicite, non codifié et stocké uniquement dans l'esprit de chacun. La carte des stocks et des flux de connaissances, de leur distribution et de la relation entre la création de savoir et la performance économique est encore à dresser.

## B. Mesurer la connaissance

La méthodologie suivie pour établir le PIB et la plupart des autres indicateurs macroéconomiques est définie par le Système de comptabilité nationale des Nations Unies, qui s'articule autour des tableaux d'entrées-sorties représentatifs des transactions intersectorielles. Dans le cadre de la comptabilité nationale, la production brute de chaque établissement se mesure à sa valeur marchande et est additionnée pour obtenir un résultat par secteur et/ou par région. La production nette par secteur ou par région est le résultat après soustraction des achats intermédiaires. Le PIB national est la somme des productions nettes des secteurs et des régions. Dans la mesure où les proportions d'entrées et de sorties sont stables, ce cadre à double entrée convertit des statistiques d'entrées (ressources) en indicateurs de sorties (résultats). Ainsi, l'emploi, qui est à la base une entrée, peut aussi être interprété comme un indicateur indirect du niveau de la production nationale.

Dans une économie fondée sur le savoir, les problèmes commencent avec le cadre conceptuel dans lequel s'inscrivent les comptes nationaux. Quant à la question de soumettre la création de savoir à un système de mesure conçu pour des biens et des services classiques, elle n'est pas moins problématique. Le rythme du changement complique l'effort de mesure de la production globale et soulève des questions quant à l'utilisation des mesures d'entrées en tant qu'indicateurs de résultat. L'évolution qualitative des produits, le coût du progrès et la rapide obsolescence des produits sont autant de facteurs qui ne sont pas suffisamment pris en considération dans les comptes nationaux.

Le savoir n'est pas un intrant classique, comme l'acier ou le travail. Lorsque des intrants classiques sont ajoutés au stock des ressources économiques, l'économie croît en fonction de "*modèles*" classiques de la **fonction de production**. À titre d'exemple, un accroissement du travail peut faire progresser le PIB d'une quantité qui est fonction de la productivité du travail constatée, ou une plus grande quantité d'acier peut accroître la production d'automobiles, de logements ou d'outils d'une quantité prévisible en fonction des méthodes de fabrication qui sont pratiquées. Des connaissances nouvelles, à l'inverse de l'acier ou du travail, agissent sur la performance économique en modifiant les "*modèles*" eux-mêmes ; elles font naître, en matière de produits et de procédés, des options qui n'existaient pas auparavant.

Si, généralement, l'apport de connaissances nouvelles a pour effet d'accroître le potentiel de production de l'économie, la quantité et la qualité de cet effet n'est pas connu à l'avance. Il n'existe pas de fonction de production, de "*modèle*" d'entrée-sortie qui prévoient, même approximativement, l'effet d'une "*unité*" de savoir sur la performance économique. Le savoir, contrairement aux biens d'équipement classiques, n'a pas de capacité fixe. Selon l'esprit d'initiative ambiant, la situation de la concurrence et d'autres caractéristiques de l'économie, une idée nouvelle peut déclencher un changement énorme, un changement modeste ou aucun changement. Une augmentation des ressources consacrées à la création de savoir a des chances d'accroître le potentiel économique, mais on ne sait pas très bien en quoi et dans quelles proportions. Ainsi, la relation entre les apports qui génèrent du savoir et ce qui en résulte ultérieurement est difficile à résumer en une fonction de production standard applicable au savoir.

Il est également difficile de stabiliser le prix du savoir grâce à la déduction empirique issue de la répétition des transactions sur le marché. Les entreprises ne tiennent pas de registres du savoir ni ne recensent la création ou les échanges de connaissances. Puisqu'il n'existe pas de marchés du savoir, on ne dispose pas d'informations systématiques sur les prix, pourtant indispensables si l'on veut établir à partir des transactions de savoir isolées des agrégats plus larges comparables aux statistiques économiques classiques. Dans les échanges de savoir, les acquéreurs doivent apprécier la valeur de la nouvelle information sans savoir exactement de quoi est faite leur acquisition. La création de nouveau savoir n'est

pas nécessairement un apport net au stock de connaissances économiquement valables, car celui-ci peut rendre obsolète une connaissance ancienne.

**Quatre grandes raisons** expliquent donc pourquoi les indicateurs du savoir, pour soigneusement établis qu'ils soient, ne peuvent prétendre à la couverture systématique des indicateurs économiques classiques :

- ◇ *Il n'existe pas de formules ou de "modèles" stables qui permettent de convertir des entrées (apports à la création de savoir) en sorties (production de savoir).*
- ◇ *Les apports à la création de savoir (entrées) sont difficiles à localiser et à retracer car il n'existe pas de comptes du savoir à l'image des comptes nationaux habituels.*
- ◇ *Il n'existe pas de système de détermination des prix applicable au savoir susceptible de servir de base à l'agrégation d'éléments de savoir qui, par essence, sont uniques.*
- ◇ *La formation de savoir nouveau n'est pas nécessairement un apport net au stock de connaissances et on ne sait rien de l'éventuelle obsolescence des éléments qui forment le stock de connaissances.*

La difficulté d'établir de nouveaux indicateurs est elle-même révélatrice de la singularité de l'économie fondée sur le savoir. Serions-nous confrontés à des modifications pratiques du système comptable classique que la solution pourrait se limiter à l'ajout de quelques mesures supplémentaires. Pour appréhender pleinement le fonctionnement d'une économie fondée sur le savoir, de nouveaux concepts et de nouvelles mesures économiques s'imposent pour rendre compte des phénomènes au-delà des transactions habituelles sur le marché. Globalement, il conviendrait d'améliorer les indicateurs pour les appliquer à une économie du savoir afin de :

- ◇ *mesurer les apports au savoir (entrées) ;*
- ◇ *mesurer les stocks et les flux de connaissances ;*
- ◇ *mesurer la production de savoir (sorties) ;*
- ◇ *mesurer les réseaux de savoir ; et*
- ◇ *mesurer le savoir et l'acquisition de connaissances.*

### **C. Mesurer les apports au savoir (entrées)**

Dans l'économie du savoir, les étudiants se sont jusqu'à présent concentrés sur la création de savoir ou les apports au savoir. À cet égard, les principaux indicateurs, tels qu'ils sont normalisés par l'OCDE, sont les suivants : *i)* les dépenses de recherche-développement (R-D) ; *ii)* les effectifs d'ingénieurs et de personnels techniques ; *iii)* les brevets ; et *iv)* les balances internationales de paiements relatifs à la technologie (figure 4). Certaines de ces activités sont classées selon la puissance organisante ou selon la source de financement (État ou industrie) et par champ d'activité (État, industrie, université). L'accent a surtout été mis sur la mesure des dépenses consacrées à la R-D et aux ressources humaines, au niveau des entrées. Même si des progrès considérables ont été accomplis depuis quelques années, ces indicateurs classiques ne sont pas encore pleinement satisfaisants dans l'optique d'une cartographie de l'économie du savoir.

**Figure 4. Manuels de l'OCDE relatifs aux indicateurs du savoir**

Type de données	Titres
R-D	Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental ( <i>Manuel de Frascati</i> 1993)
R-D	Définitions et conventions de base pour la mesure de la recherche et du développement expérimental (R-D) (Résumé du <i>Manuel de Frascati</i> 1993)
Balance des paiements technologiques	Méthode type proposée pour le recueil et l'interprétation des données sur la balance des paiements technologiques ( <i>Manuel BTP</i> 1990)
Innovation	Principes directeurs proposés par l'OCDE pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique ( <i>Manuel d'Oslo</i> 1992)
Brevets	Les données sur les brevets d'invention et leur utilisation comme indicateurs de la science et de la technologie ( <i>Manuel Brevets</i> 1994)
Ressources humaines	Manuel sur la mesure des ressources humaines consacrées à la science et à la technologie ( <i>Manuel de Canberra</i> 1995)

Les indicateurs relatifs aux **dépenses de R-D** mettent en évidence les efforts directement consentis en vue d'élargir la base de connaissances et les apports au savoir. Les indicateurs relatifs aux personnels de recherche donnent une idée de la quantité de résolution de problèmes que requiert la production de savoir. Mais seule une fraction minimale de l'ensemble des apports à la création de savoir sont à mettre au compte de dépenses officielles de R-D et aux personnels de recherche à proprement parler. Lorsqu'elles réussissent, les activités de R-D sont le fruit d'idées provenant d'origines diverses, notamment d'échanges informels entre professionnels, de l'expérience des utilisateurs ou de suggestions de la base. De plus, les indicateurs existants comptabilisent les activités officielles de R-D menées dans le secteur public, à l'université et dans les grandes entreprises manufacturières, et ont tendance à sous-estimer les dépenses que consacrent à la recherche les petites entreprises et les entreprises du secteur des services. Ce n'est qu'aujourd'hui, avec l'amélioration de la collecte des données, que l'on a pleinement conscience de l'importance du secteur de services pour la R-D et l'innovation.

Les **brevets**, du fait qu'ils incarnent des idées, sont ce qui se rapproche le plus d'indicateurs directs de la création de savoir. De tous les indicateurs habituels de la connaissance, les brevets sont ceux qui mesurent le plus directement la production de savoir (donc, les sorties plutôt que les entrées). Les données relatives aux brevets présentent des avantages en ce que la plupart des pays ont des systèmes nationaux de dépôt de brevets organisés autour de bases de données centralisées, que les données couvrent la quasi-totalité des champs technologiques, et que les documents qui y ont trait contiennent beaucoup d'informations sur l'invention, la technologie, l'inventeur, etc. Il existe plusieurs moyens d'analyser les données relatives aux brevets, notamment les classifications par secteur géographique et par groupe de produits industriels. Les systèmes nationaux de dépôt de brevets présentent, néanmoins, des différences qui rendent difficiles les comparaisons. Les nouvelles applications de la connaissance ne font pas toutes l'objet d'un brevet et les brevets n'ont pas tous la même importance. Ces derniers représentent habituellement des applications pratiques d'idées précises plutôt que des notions plus générales ou des avancées dans la connaissance.

La **balance des paiements relatifs à la technologie** mesure les mouvements internationaux de connaissances techniques au moyen des paiements de droits de licence et autres "*achats*" directs de savoir, et relève donc plus de la mesure d'un flux que de la mesure d'un apport. La balance des paiements relatifs à la technologie n'est pas censée mesurer l'ensemble des flux de connaissances techniques entre deux pays donnés. Les transferts internationaux de savoir par le recours à du personnel étranger, à des services de consultation, à des investissements directs étrangers ou à des transferts intra-entreprises sont d'importants axes de diffusion qui ne sont pas intégrés dans le calcul de ces indicateurs. Les co-entreprises

internationales et les accords de coopération en matière de recherche jouent aussi un rôle dans la diffusion globale du savoir.

#### **D. Mesurer les stocks et les flux de connaissances**

Afin d'améliorer la quantification de l'évolution et de la performance de l'économie fondée sur le savoir, il faut mettre au point des indicateurs des stocks et des flux de connaissances. Il est bien plus facile de mesurer les apports à la production de savoir que le stock lui-même et les mouvements qui y sont associés. Dans le cas des indicateurs économiques classiques, la transmission de biens et de services d'un individu ou d'une organisation vers un ou une autre suppose un échange d'argent, qui laisse une "trace". Les flux de savoir, souvent, n'impliquent pas d'échange d'argent, de sorte qu'il faut trouver d'autres "marqueurs" pour retracer la création et la diffusion de savoir.

Si mesurer le stock de capital physique dont dispose l'économie est une tâche colossale, mesurer le **stock du capital de connaissances** paraît, a fortiori, une entreprise presque impossible. Pourtant, mesurer les stocks de savoir pourrait se faire sur la base d'indicateurs actuels de la science et de la technologie, si des techniques étaient mises au point pour traiter la question de l'obsolescence. À titre d'exemple, les apports annuels de R-D pourraient être agrégés, pour certains pays et branches d'activité, puis amortis sur la base d'hypothèses relatives aux taux de dépréciation. Sur ce modèle, des mesures du stock de R-D par rapport à la production ont été utilisées afin d'estimer les taux de rentabilité de l'investissement en R-D. De même, les stocks de personnel de R-D ont pu être estimés sur la base de l'accroissement annuel du nombre de chercheurs dans des domaines donnés, amortis en fonction des données sur les mouvements de personnel et la mobilité professionnelle. On peut, en outre, obtenir une approximation du stock de brevets en exploitant les données relatives à l'utilisation et à la durée des droits d'exclusivité.

Plus difficile est la mesure des **flux de connaissances** ou la part du stock de savoir qui entre dans l'économie au cours d'une période donnée. Deux indicateurs sont le plus fréquemment employés pour mesurer les flux de savoir : *i*) la diffusion incorporée, c'est-à-dire l'introduction dans les procédés de production de machines, de matériels et de composants incorporant une nouvelle technologie ; et *ii*) la diffusion non incorporée ou la transmission de savoir, d'expertise technique ou de technologie sous forme de brevets, de licences ou de savoir-faire.

Les **flux de savoir incorporé**, en particulier la technologie incorporée ou la R-D, peuvent se mesurer grâce aux méthodes d'entrées-sorties. Des matrices de flux technologiques sont utilisées comme indicateurs des flux interindustriels de R-D incorporée dans des biens intermédiaires ou des biens d'équipement. Cette méthodologie permet une ventilation de la technologie incorporée dans les équipements utilisée par une branche donnée en technologie générée par la branche d'activité elle-même et technologie acquise à l'extérieur. On peut ainsi estimer la proportion du stock de R-D qui est dirigée vers d'autres branches d'activité et la mesure dans laquelle les branches d'activité sont des sources d'apports de savoir incorporé (tableau 6). L'analyse de la diffusion de la technologie incorporée montre que les flux intersectoriels varient d'un pays à l'autre, pays qui diffèrent aussi par la quantité de technologie incorporée acquise à l'étranger par rapport à la quantité acquise sur place (Sakurai *et al.*, 1996).

**Tableau 6. Mesure des technologies incorporées**

	Intensité de R-D directe			Intensité de technologie totale <sup>1</sup>		
	Industries de haute technologie	Industries de moyenne technologie	Industries de faible technologie	Industries de haute technologie	Industries de moyenne technologie	Industries de faible technologie
États-Unis, 1990	12.3	3.0	0.5	13.9	3.7	1.0
Japon, 1990	6.4	3.0	0.8	7.9	4.1	1.4
Allemagne, 1990	7.3	2.8	0.4	8.4	3.8	0.9
France, 1990	9.5	2.3	0.4	11.4	3.2	0.8
Royaume-Uni, 1990	9.0	1.9	0.3	11.1	2.7	0.7
Italie, 1985	4.2	0.9	0.1	5.4	1.5	0.3
Canada, 1990	6.7	0.6	0.3	9.4	1.6	0.5
Australie, 1986	5.0	1.2	0.2	6.1	1.8	0.5
Danemark, 1990	8.0	2.2	0.3	9.2	3.0	0.7
Pays-Bas, 1986	8.9	2.5	0.3	11.5	3.8	0.7

1. Y compris les technologies incorporées ou acquises.

Source : OCDE, DSTI, base de données STAN.

Les analyses microéconomiques des flux de savoir incorporé sont principalement axées sur la diffusion et sur l'utilisation de technologies spécifiques dans divers secteurs de l'économie -- un domaine d'analyse qui gagnerait à être normalisé entre les pays afin de permettre des comparaisons internationales. Des études, qui avaient pour objectif de comparer la diffusion de la microélectronique dans les pays de l'OCDE, se sont heurtées à de graves problèmes statistiques au niveau de la définition des technologies, de la collecte de données sur l'utilisation qui en est faite et du calcul de la part qui est la leur dans l'investissement total (Vickery, 1987). Les données comparatives qui existent sont fragmentaires ; elles montrent en général que le Japon et la Suède sont les deux pays qui utilisent le plus largement les technologies de fabrication avancées (TFA), suivis de l'Allemagne et de l'Italie qui ont bénéficié des TFA dans les secteurs de l'automobile et de la construction mécanique. Aux États-Unis, l'industrie utilise relativement plus d'autres types d'applications techniques liées à l'informatique (OCDE, 1995b).

On connaît mieux les modes de diffusion de la technologie au sein de chaque pays. Au Canada, par exemple, il a été demandé à des entreprises manufacturières, dans le cadre d'enquêtes, comment elles utilisaient vingt-deux techniques de fabrication avancées, notamment la conception et l'ingénierie assistée par ordinateur (CAO et IAO), la fabrication intégrée par ordinateur (FIO), les systèmes de fabrication flexible (SFF), la robotique, les matériels automatisés d'inspection et les systèmes d'intelligence artificielle. Environ 48 pour cent des entreprises canadiennes utilisaient ces technologies, essentiellement dans le domaine de l'inspection et des communications. Dans la tentative de rapprocher l'utilisation de la technologie à la performance, il est apparu que les firmes utilisatrices de technologies avaient généralement une meilleure productivité du travail et rémunéraient mieux leur personnel que les firmes non utilisatrices de technologies (Baldwin *et al.*, 1995).

Certains des indicateurs relatifs aux technologies de l'information actuellement mis au point s'attachent plus particulièrement à la diffusion et à l'utilisation des technologies de l'information -- informatique, logiciels, réseaux -- par les entreprises et les ménages. Ces mesures des flux de technologies et des facteurs qui les favorisent ou les entravent, comme les prix, rendent compte de l'expansion rapide de la société de l'information. À titre d'exemple, l'OCDE compile des indicateurs du nombre d'ordinateurs personnels, de CD-ROM, de télécopieurs et de modems par ménage dans les pays de l'OCDE. Les données révèlent que l'utilisation d'ordinateurs personnels a plus que doublé dans les

dix dernières années (environ 37 pour cent des ménages américains sont équipés d'un ordinateur contre 24 pour cent au Royaume-Uni et 12 pour cent au Japon (tableau 7).

**Tableau 7. Diffusion des technologies de l'information, 1994**  
Pourcentage du total des ménages

	États-Unis	Japon	Royaume-Uni	Allemagne	France
<b>Terminaux utilisateurs</b>					
Ordinateurs personnels	37	12	24	28	15
Magnétoscopes	88	73	84	65	69
Jeux vidéos	42		19	8	20
Télécopieurs		8	2	4	3
Modems	15		4	3	1
<b>Infrastructure de réseaux</b>					
Lignes de réseau numérique (93)	65	72	75	37	86
Habitations équipées du câble	65		4	47	9
Habitations facilement câblables	83		16	56	23
Habitations équipées d'une parabole		27	11	20	2

Source : OCDE, données recueillies à partir de différentes sources -- principalement ITU, EITO et l'Economic Planning Agency du Japon.

L'économie fondée sur le savoir est une économie interactive au niveau tant national qu'international, comme en témoignent les nouveaux indicateurs relatifs à l'infrastructure de réseaux d'information et de communication. Ces indicateurs donnent la proportion de ménages et d'entreprises à s'être dotés de connexions informatiques avec l'extérieur, de connexions par câble ou de services par satellite. Il faut encore travailler sur les indicateurs par pays et par région relatifs au développement d'Internet, le réseau mondial de connexions informatiques, notamment le taux d'équipement en ordinateurs hôtes, les connexions en réseau, l'accès des entreprises aux lignes spécialisées, les services d'accès aux réseaux commutés et les paniers de prix en fonction des services. L'accroissement du nombre d'ordinateurs connectés à Internet a été phénoménal, passant de 1 000 en 1984 à 100 000 en 1989 et à plus de 4.8 millions en 1995. On estime que le nombre d'utilisateurs d'Internet (par opposition au nombre de connexions d'hôtes) a dépassé 30 millions en 1995 (OCDE, 1995b).

Les **flux de connaissances non incorporées** sont souvent mesurés par l'analyse des citations. Dans les publications spécialisées et les demandes de brevet, il est d'usage que les utilisateurs de connaissances et d'idées citent leurs sources, ce qui permet de retracer les interconnexions entre les idées dans des domaines spécialisés. À titre d'exemple, le *Science Citation Index* (Index des citations scientifiques) constitue une base de données au sein de laquelle chercher pour déterminer les flux entre les disciplines et au sein d'une même discipline en ce qui concerne la recherche fondamentale. On a tenté de déterminer l'interdépendance des idées scientifiques à l'aide d'un indice de citations (Small et Garfield, 1985 ; Leontief, 1993). Dans l'avenir, l'informatique permettra probablement de scanner et d'analyser des volumes énormes de texte, de mettre en évidence des similitudes ou des différences complexes et d'identifier les mouvements de savoir au-delà des domaines dans lesquels les citations sont habituelles.

D'autres ont retracé les articulations entre divers domaines de connaissances techniques appliquées au travers des citations contenues dans les brevets, qui sont considérés comme les vecteurs de la R-D réalisée dans la branche industrielle d'origine (tableau 8). Sur la base d'une grille d'équivalence des catégories de brevets aux États-Unis et de la recherche associée, ont été établies des matrices entrées-sorties de l'industrie américaine, les rangées correspondant à la branche d'origine, les colonnes à la branche utilisatrice et les cases en diagonale l'utilisation intra-muros des technologies de procédés. Les données relatives aux brevets montrent qu'environ 75 pour cent de la R-D industrielle profitent à des

utilisateurs extérieurs à la branche d'origine (Scherer, 1989). De même, des données plus complètes sur les citations contenues dans les brevets internationaux pourraient aider à retracer les flux technologiques à l'échelle mondiale, comme le permettrait aussi des mesures affinées de la balance des paiements technologiques. Cela étant, même si la quantité de connaissances soumises à des exigences de citation officielles englobe l'ensemble de la littérature scientifique et toutes les idées ayant fait l'objet d'un brevet, ces domaines ne représentent qu'une fraction de la base cognitive de l'économie moderne.

**Tableau 8. Part des brevets universitaires dans les technologies intéressant l'industrie**

Catégorie de brevets	Total brevets	Brevets universitaires	Part de l'université (pour cent)
Génie génétique/Recombinaison de l'ADN	321	58	18.1
Biologie moléculaire et microbiologie	1 417	171	12.1
Technologie des supraconducteurs	233	25	10.7
Médicaments : à action biologique et somatique	1 490	147	9.9
Robotique	251	12	4.8
Fabrication de dispositifs à semi-conducteurs	755	23	3.0
Circuits intégrés à composants actifs (ex: transistors)	1 535	34	2.2
Optique : systèmes et éléments	2 280	41	1.8
Ordinateurs et traitement de l'information	6 474	53	0.8
Communications	2 026	14	0.7

Source : Rosenberg, N. et R.R. Nelson (1994), "American Universities and Technical Advance in Industry", *Research Policy*, Vol. 23, N° 3.

#### E. Mesurer le produit du savoir (sorties)

Les mesures standard relatives à la R-D ne rendent pas nécessairement compte de la réussite d'un projet ou de la quantité et de la qualité de la production finale. Cependant, ces indicateurs d'entrées-sorties constituent le point de départ de toute tentative en vue d'évaluer le produit du savoir et de mesurer la rentabilité sociale et privée des investissements dans la connaissance. On a élaboré des indicateurs approximatifs de façon à convertir certains apports à la connaissance en production de savoir afin de décrire et comparer la performance économique des différents pays. Ces mesures instaurent des catégories de secteurs industriels ou de composantes de la population active en fonction de leur degré d'intensité en R-D, en savoir ou en information. Ces mesures reposent sur l'hypothèse que certains secteurs à forte intensité de connaissances jouent un rôle essentiel dans la performance à long terme des pays grâce aux retombées qui en découlent, au fait qu'ils procurent des emplois hautement qualifiés et bien rémunérés et qu'ils favorisent une forte rentabilité du capital et du travail.

À titre d'exemple, l'OCDE a établi une classification des secteurs manufacturiers selon leur degré d'intensité technologique (haute, moyenne, faible) en fonction de leurs dépenses relatives de R-D ou de leur **intensité de R-D** (rapport des dépenses de R-D à la production brute). L'informatique, les communications, les semi-conducteurs, l'industrie pharmaceutique et l'aéronautique comptent parmi les secteurs classés par l'OCDE comme de haute technologie et à forte croissance et représenteraient, d'après les estimations, environ 20 pour cent de la production manufacturière. Un profil de la production, de l'emploi et des échanges peut se déduire du rôle relatif des secteurs de haute, moyenne ou faible technologie. Toutefois, sous leur forme actuelle, les indicateurs de l'intensité de R-D demeurent confinés aux secteurs manufacturiers et ne sont pas adaptés à la composante à forte croissance que représentent les services dans l'économie des pays de l'OCDE. Ces indicateurs ne prennent pas non plus en compte la R-D qui peut être acquise auprès d'autres secteurs industriels, soit incorporée dans de nouveaux équipements et intrants, soit non incorporée, sous forme de brevets et de licences. Il convient donc d'élaborer des

indicateurs plus complets de l'intensité totale de R-D, englobant aussi bien les activités directes de R-D que la R-D acquise (tableau 9).

**Tableau 9. Calcul de l'intensité de R-D industrielle**

Période 1970-1980 <sup>1</sup>	Période 1980-1995 <sup>2</sup>
<b>Haute technologie</b>	<b>Haute technologie</b>
1. Aérospatial	1. Aérospatial
2. Ordinateurs et machines de bureau	2. Ordinateurs et machines de bureau
3. Produits pharmaceutiques	3. Electronique-Communications
4. Electronique-Communications	4. Produits pharmaceutiques
5. Instrumentation scientifique	<b>Technologie moyenne/haute</b>
6. Machines électriques	5. Instrumentation scientifique
<b>Technologie moyenne</b>	6. Machines électriques
7. Véhicules automobiles	7. Véhicules automobiles
8. Produits chimiques	8. Produits chimiques
9. Machines non électriques	9. Machines non électriques
10. Matériels en caoutchouc et matières plastiques	<b>Technologie moyenne/faible</b>
11. Autres industries manufacturières	10. Construction navale
<b>Technologie faible</b>	11. Matériels en caoutchouc et matières plastiques
12. Autres matériels de transport	12. Autres matériels de transport
13. Pierre, argile et verre	13. Pierre, argile et verre
14. Raffinage des produits pétroliers	14. Métaux non ferreux
15. Construction navale	15. Autres industries manufacturières
16. Métaux non ferreux	16. Ouvrages en métaux
17. Métaux ferreux	<b>Faible technologie</b>
18. Ouvrages en métaux	17. Raffinage des produits pétroliers
19. Papier, imprimerie	18. Métaux ferreux
20. Produits alimentaires et boissons	19. Papier, imprimerie
21. Bois et ameublement	20. Textiles et habillement
22. Textiles et habillement	21. Bois et ameublement

1. Sur la base de l'intensité de R-D directe : rapport des dépenses de R-D à la production dans 22 secteurs manufacturiers de 11 pays de l'OCDE.

2. Sur la base de l'intensité de R-D directe et indirecte : rapport des dépenses de R-D et des flux de technologie incorporée par unité produite dans 22 secteurs manufacturiers de 10 pays de l'OCDE.

Source : OCDE, DSTI, base de données STAN.

Dans le même ordre d'idées, les premières études qui ont été réalisées aux États-Unis avaient mis en évidence le profil statistique d'un groupe de branches réunies sous l'appellation collective d'industries du savoir, c'est-à-dire principalement l'éducation, les médias, l'informatique et les services d'information. Il était apparu que ces industries du savoir représentaient environ 29 pour cent du PNB et 32 pour cent de la population active aux États-Unis en 1958 (Machlup, 1962). Par la suite, une autre étude a montré que la part de production de savoir dans le PNB (corrigé) était passée de 29 pour cent en 1958 à 34 pour cent en 1980 (Rubin et Huber, 1984). Une étude de l'administration américaine présentait une liste comparable de secteurs et y ajoutait un secteur de l'information secondaire fournissant des apports aux procédés de fabrication relatifs aux produits hors du secteur de l'information ; dans son ensemble, le secteur de l'information représentait, d'après les estimations, plus de 46 pour cent du PNB en 1974 et 49 pour cent en 1981 (US Department of Commerce, 1977).

Une autre démarche apparentée consiste à utiliser les données dont on dispose sur l'emploi et les professions pour classer les emplois en fonction de leur contenu de R-D, de savoir ou d'information. Une première étude utilisait les catégories professionnelles pour attribuer aux emplois une composante d'information ; les travailleurs de l'information englobaient ceux du secteur de l'information primaire, une

forte proportion des administrations publiques et quelques-uns dans les autres secteurs. D'après l'étude, les activités de l'information représentaient 47 pour cent du PNB aux États-Unis en 1967 (Porat, 1977). Des études récentes menées au Canada ont mesuré l'intensité de savoir des secteurs manufacturiers et de services en fonction de la proportion de semaines totales ouvrées dans une branche d'activité donnée par des titulaires d'un diplôme universitaire. Les secteurs à forte intensité de savoir comptent notamment l'électronique, les services de santé et les services aux entreprises qui, d'après l'étude, se sont développés depuis le début des années 70, alors que la production dans les secteurs de moyenne ou faible intensité de connaissances a fléchi (Gera et Mang, 1995).

Les données relatives aux professions ont été utilisées pour estimer la proportion de l'effort économique consacré à la création, à la mise en oeuvre et à l'administration du changement. Une étude a montré une variation entre les secteurs de la proportion des effectifs qui ne travaillent pas à la production dans l'emploi total, passant de pas moins de 85 pour cent dans des secteurs normalement considérés comme de haute technologie à 20 pour cent ou moins dans des secteurs à faible croissance, plus traditionnels (Carter, 1994). Il semble qu'il y ait une corrélation étroite entre la proportion de travailleurs hors du secteur de production et le rythme du changement dans un secteur ; la fonction majeure des travailleurs hors de la production est peut-être de créer ou de réagir au changement. Dans ces secteurs, davantage de travailleurs sont engagés dans la recherche directe de nouveaux produits et procédés, dans la mise en oeuvre des nouvelles technologies *in situ*, dans l'ouverture de nouveaux marchés et dans le remodelage des organisations pour les adapter à l'évolution de la production. Il s'agit donc, de plus en plus, de coûts dus au changement plutôt que de coûts de production.

Il faut établir des indicateurs qui ne se limitent pas à mesurer l'intensité de R-D et de savoir et qui évaluent le **taux de rentabilité sociale et privée** (tableau 10). On estime généralement le taux de rentabilité en calculant les avantages (notamment les avantages futurs décomptés) par rapport aux coûts de l'innovation. À titre d'exemple, des études réalisées antérieurement sur le secteur agricole ont montré que la recherche publique était sous-évaluée et que l'investissement privé ne réagissait pas spontanément à la perspective de bénéfices importants générés par la recherche scientifique. L'une de ces études estimait que la somme de 2 millions de dollars EU investie de 1910 à 1955 par le secteur privé et le secteur public dans la mise au point d'un maïs hybride avait dégagé un taux de rentabilité sociale de 700 pour cent (Griliches, 1958). Il ressort d'une autre étude que la rentabilité privée médiane des innovations étudiées était de 25 pour cent, tandis que le taux de rentabilité sociale médian était de 56 pour cent (Mansfield *et al.*, 1977). Une récente synthèse d'études économétriques au niveau macroéconomique sur les États-Unis a établi que le taux de rentabilité moyen d'une innovation se situait entre 20 et 30 pour cent, alors que le taux de rentabilité sociale était plus proche de 50 pour cent (Nadiri, 1993).

L'importance de l'innovation et de la technologie pour la croissance de la productivité et pour la croissance économique à long terme n'est qu'imparfaitement connue. Il serait bon de disposer d'indicateurs aptes à décrire les effets du progrès technologique sur l'économie et l'emploi. Calculer le taux de rentabilité de la R-D dans le secteur des services, où la productivité est particulièrement difficile à mesurer, peut s'avérer une entreprise difficile. On peut utiliser des analyses de régression pour estimer la rentabilité de la R-D en fonction de l'accroissement de la productivité totale des facteurs. C'est ce que l'on essaie de faire pour les secteurs manufacturiers et de services, ainsi que pour la R-D réalisée sur place et acquise (ou incorporée). En moyenne, dans dix pays de l'OCDE, le taux de rentabilité estimé de la R-D incorporée, en termes de croissance de la productivité dans le secteur manufacturier, a été estimé à 15 pour cent et, dans le secteur des services, à plus de 100 pour cent dans les années 80, ce qui témoigne de l'importance de la diffusion de la technologie (Sakurai *et al.*, 1996).

**Tableau 10. Taux de rentabilité privée et sociale de la R-D privée**

Auteur (année)	Taux de rentabilité estimé	
	Privée	Sociale
Nadiri (1993)	20-30	50
Mansfield (1977)	25	56
Terleckyj (1974)	29	48-78
Sveikauskas (1981)	7-25	50
Goto et Suzuki (1989)	26	80
Bernstein et Nadiri (1988)	10-27	11-111
Scherer (1982, 1984)	29-43	64-147
Bernstein et Nadiri (1991)	15-28	20-110

1. Nadiri, I. (1993), "Innovations and Technological Spillovers", NBER Working Paper N° 4423, Cambridge, MA.
2. Mansfield, E., J. Rapoport, A. Romeo, S. Wagner et G. Beardsley (1977), "Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 77, pp. 221-240.
3. Terleckyj, N. (1974), *Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: An Exploratory Study*, National Planning Association, Washington, DC.
4. Sveikauskas, L. (1981), "Technology Inputs and Multifactor Productivity Growth", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 63, pp. 275-282.
5. Goto, A. et K. Suzuki (1989), "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 71, pp. 555-564.
6. Bernstein, J. et I. Nadiri (1988), "Interindustry Spillovers, Rates of Return and Production in High-Tech Industries", *American Economic Review: Papers and Proceedings*, Vol. 78, pp. 429-434.
7. Scherer, F., "Using Linked Patent and R&D Data to Measure Interindustry Technology Flows", dans : *R&D, Patents and Productivity*, University of Chicago Press, pp. 417-464.
8. Bernstein, J. et I. Nadiri (1991), "Product Demand, Cost of Production, Spillovers, and the Social Rate of Return to R&D", NBER Working Paper N° 3625, Cambridge, MA.

Source : US Council of Economic Advisors (1995), *Supporting Research and Development to Promote Economic Growth: The Federal Government's Role*, octobre.

On s'emploie également à mettre au point des indicateurs de la rentabilité des dépenses et des acquisitions de R-D au niveau de l'entreprise ou au niveau microéconomique. Dans une étude, un sondage a été effectué auprès de directeurs de la R-D dans de grandes sociétés américaines pour connaître la proportion des produits et procédés nouveaux de l'entreprise qui n'auraient pas vu le jour (sans des retards considérables) si des travaux de recherche universitaire n'avaient pas été réalisés (tableau 11). En extrapolant les résultats de cette enquête aux investissements dans la recherche universitaire et aux gains générés par les nouveaux produits et procédés, on a pu calculer que le taux de rentabilité sociale s'établissait à 28 pour cent (Mansfield, 1991). Pour mesurer la rentabilité financière de la R-D propre à une entreprise, il faut évaluer la proportion des ventes dérivée de nouveaux produits et estimer les économies, en termes de coût, qu'a permis le développement de nouveaux procédés. D'autres méthodes consistent à mesurer les ventes et le revenu escompté de projets de R-D en cours ; à procéder à des évaluations de la qualité et de la fiabilité des produits par les clients ou les consommateurs ; à établir des estimations de l'efficacité du transfert de nouvelles technologies aux chaînes manufacturières ; et à calculer le pourcentage de résultats de projets de recherche publiés dans des ouvrages techniques (Tipping *et al.*, 1995).

**Tableau 11. Innovations reposant sur des travaux de recherche universitaire récents, 1975-1985**

Industrie	Pourcentage des innovations qui n'auraient pu être mises au point (sans un retard considérable) en l'absence de travaux de recherche universitaire récents		Pourcentage d'innovations supplémentaires mises au point avec l'aide substantielle de la recherche universitaire récente	
	Produits	Procédés	Produits	Procédés
Traitement de l'information	11	11	17	16
Electronique	6	3	3	4
Industrie chimique	4	2	4	4
Instrumentation	16	2	5	1
Industrie pharmaceutique	27	29	17	8
Métallurgie	13	12	9	9
Produits pétroliers	1	1	1	1
<b>Moyenne</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

Source : Mansfield, E. (1991), "Academic Research and Industrial Innovation", *Research Policy*, Vol. 20.

## F. Mesurer les réseaux de savoir

Les indicateurs actuels du savoir -- qui sont pour l'essentiel des mesures des apports de savoir et des flux de savoir codifié -- ne parviennent pas bien à décrire le système dynamique de développement et de diffusion du savoir qui est au coeur de l'économie fondée sur la connaissance. Les stocks et les flux de **formes plus tacites de savoir**, comme l'apprentissage né de la conversation, de la démonstration et de l'observation, ne peuvent pas être retracés par ces indicateurs. Il faut établir de nouveaux indicateurs pour capter le processus d'innovation et la diffusion du savoir entre les acteurs et les institutions clés dans l'économie. Cela suppose, pour l'essentiel, de mesurer "les systèmes nationaux d'innovation", notamment la capacité de diffusion du savoir des pays et des systèmes entre les différents acteurs et institutions.

De tels indicateurs de la création et de la diffusion du savoir opèrent au niveau de l'entreprise, par le biais des **enquêtes sur l'innovation**, lesquelles captent de l'information sur les facteurs qui influent sur la propension des entreprises à innover et la façon dont le savoir et l'innovation sont diffusés dans l'économie. Dans les analyses, la propension à innover est expliquée en termes d'intrants classiques, comme l'investissement en R-D, le recours à une main-d'oeuvre qualifiée et l'utilisation de nouveaux équipements, nationaux ou importés, aussi bien que d'autres facteurs, tels que la rentabilité, le cadre réglementaire ou le maillage institutionnel. Les enquêtes portent essentiellement sur les phénomènes de "concentration géographique" ou sur les effets d'une implantation géographique et de la localisation d'établissements individuels sur l'innovation (DeBresson, 1989). Elles étudient aussi les "concentrations industrielles", les interdépendances entre les utilisateurs et les fournisseurs ou les secteurs reposant sur des technologies clés et les effets sur l'innovation dans l'entreprise (Roelandt *et al.*, 1995).

Des enquêtes plus complètes, comme l'Enquête communautaire sur l'innovation (ECI) et le Projet PACE, visent à rassembler des ensembles complets de données sur l'innovation au niveau de l'entreprise. L'ECI, qui a été réalisée en 1993, couvre tous les pays de l'Union européenne et repose sur une base de données préliminaires de 40 000 entreprises manufacturières. Cette étude permet de construire des données sur les dépenses que les entreprises consacrent à des activités liées à la mise au point de nouveaux produits, à savoir la R-D, la formation, la conception, la prospection, l'acquisition de matériels et la modernisation des équipements ; la production et la vente de produits nouveaux, soit totalement nouveaux, soit résultant d'améliorations incrémentielles ; la performance de la R-D et la coopération

technique ; enfin, les obstacles redoutés et les incitations à l'innovation. L'enquête ECI pose plusieurs questions sur la coopération technologique et les flux d'information, et permettra peut-être d'établir un lien entre la performance générale des entreprises en matière d'innovation et les modes de coopération technologique et d'utilisation de l'information.

Le Projet PACE (*Policies, Appropriability and Competitiveness for European Enterprises Project*), qui porte sur de grandes entreprises européennes qui ont une activité de R-D, pose une même série de questions, notamment les types d'information nécessaires au développement et à l'introduction du progrès technologique. Les entreprises ont été interrogées sur la finalité de l'innovation, les sources extérieures de savoir, la recherche publique, les méthodes de protection de l'innovation, les programmes publics d'aide à l'innovation et les obstacles auxquels se heurte l'innovation. D'après les premières conclusions, la première source extérieure de savoir est l'analyse technique des produits concurrents. Les co-entreprises sont des sources importantes de savoir dans les secteurs où les projets de R-D sont coûteux et complexes. Dans la plupart des pays, la recherche publique est considérée comme un élément important du système national d'innovation (MERIT, 1995).

À partir de ces enquêtes sur l'innovation, notamment, on commence à peine à être capable d'établir la carte des systèmes nationaux d'innovation et la **capacité de diffusion du savoir** des économies grâce à l'analyse de deux grands flux : *i*) la diffusion du savoir entre les universités, les instituts publics de recherche et l'industrie, et *ii*) la diffusion du savoir au sein d'un marché entre les fournisseurs et les utilisateurs (Smith, 1995). Cette approche systémique renseigne sur les flux, tels que la proportion de savoir, notamment dans les sciences fondamentales, qui est transférée parmi les chercheurs ; la proportion de savoir universitaire et public qui est accessible aux innovateurs dans l'industrie et qu'ils peuvent utiliser ; et la portée ainsi que le rythme de diffusion de nouveau savoir et de nouvelles technologies dans l'industrie (tableau 12). Les données sont collectées à l'échelon national, ce qui permet de mesurer ces flux entre différents acteurs et institutions dans le système d'innovation d'un pays, comme ce qui a été fait récemment pour la Norvège (Smith *et al.*, 1995).

On examine actuellement des indicateurs des articulations entre les secteurs public, privé et universitaire, qui permettraient de mesurer la **capacité de transfert du savoir des institutions** ; ils portent notamment sur :

- ◇ le nombre, la spécialisation et le financement des projets de coopération en matière de recherche entre universités, établissements publics de recherche et industrie ;
- ◇ le nombre, la spécialisation et le financement de centres de recherche université-industrie ;
- ◇ le nombre et la spécialisation technologique des co-demandes de brevet et des co-publications entre universités, établissements publics de recherche et industrie ;
- ◇ la mobilité du personnel et les caractéristiques du recrutement entre universités, établissements publics de recherche et industrie ; et
- ◇ les méthodes d'accès des entreprises aux résultats de la recherche universitaire, notamment les publications, les conférences, le personnel qualifié, les contacts informels, les échanges temporaires et les projets de R-D sous contrat ou en collaboration.

**Tableau 12. Cartographie de la diffusion du savoir**  
 Pourcentage d'entreprises commerciales utilisant des sources externes de connaissances,  
 Pays-Bas, 1992

Groupe	Total savoir acquis	Externalisation de la R-D auprès d'organismes publics	Externalisation de la R-D auprès d'organismes privés	Externalisation de la R-D auprès d'autres sociétés	Contacts informels	Recrutement de personnel qualifié
Construction	46	9	6	12	15	12
Industrie chimique	49	19	6	17	23	8
Services						
Commerciaux	38	8	5	5	16	14
Non commerciaux	48	21	11	5	19	23
Énergie	78	44	29	23	20	12
Santé	49	27	7	7	20	6
Agroalimentaire	55	18	9	16	26	7
Secteur manufacturier						
Electrométallurgie	46	8	7	8	20	15
Ameublement	53	23	8	23	22	4
Pâtes et papier	42	14	5	18	18	8
Textile	43	17	5	12	18	6
Autres	66	28	-	11	44	23
Multimédia	32	1	3	2	13	9
Transports	27	9	5	1	11	9
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>13</b>

Source : Hertog, P. et P. Boekholt (1995), "Assessing Diffusion Capabilities of National Systems of Innovation: Case Study of the Netherlands", rapport présenté à l'Atelier de l'OCDE sur les systèmes nationaux d'innovation, Vienne, 6 octobre.

Les enquêtes réalisées visent également à mesurer les interactions sur le marché ou les **capacités** de transfert du savoir **du secteur privé**, sur la base :

- ◇ de la coopération en matière de recherche dans le secteur des entreprises, et notamment du nombre et de l'importance relative des co-entreprises de recherche, de la coopération technologique ou bien des grands programmes de coopération ;
- ◇ de la participation des entreprises aux activités de normalisation au niveau de chaque branche d'activité, ainsi qu'aux réseaux informels de recherche ;
- ◇ de la mobilité des chercheurs entre les entreprises et entre les secteurs ;
- ◇ des méthodes d'accès des entreprises aux résultats d'autres entreprises et d'autres secteurs, notamment les données publiées, la recherche conjointe, les licences croisées ou l'achat de licences et de brevets ; et
- ◇ du degré d'internationalisation, à partir de l'examen de ces indicateurs au niveau tant international que national.

## G. Mesurer le savoir et l'acquisition de connaissances

L'avènement d'une économie du savoir soulève des questions quant à l'efficacité et à l'équité de l'enseignement et de la formation dans ce que l'on doit appeler une "*économie de l'apprentissage*". Les économistes mesurent habituellement le développement du capital humain à l'aide de valeurs approximatives, comme les années de scolarité ou l'ancienneté. Ces valeurs ne rendent pas compte de la qualité de l'enseignement ou de l'apprentissage, ni de la rentabilité économique de l'investissement dans l'enseignement et la formation. L'existence d'un important secteur non structuré au sein duquel les individus se forment sur le tas pose des problèmes considérables d'évaluation et reflète la difficulté de prendre la mesure des formes tacites d'apprentissage et de transfert de savoir. Pour combler certaines de ces lacunes, l'OCDE a lancé récemment un projet en vue de l'établissement d'"*indicateurs du capital humain*", qui ont pour principal objectif de mesurer les taux de rentabilité privée et sociale de l'investissement consacré à l'enseignement et à la formation.

L'une des méthodes utilisées pour évaluer le **taux de rentabilité sociale** consiste à mesurer l'incidence des dépenses d'éducation et du niveau d'instruction dans la société sur la croissance économique. Une étude portant sur 29 pays a montré que l'éducation pouvait contribuer à hauteur de un quart de la croissance économique (Psacharopoulos, 1984). Une autre étude couvrant 24 pays (dont sept font partie de l'OCDE) a abouti aux mêmes conclusions (OCDE, 1994). La conclusion selon laquelle l'investissement en capital humain peut engendrer une croissance économique a été démontrée dans une étude qui mesurait le pourcentage de la population en âge de travailler fréquentant un établissement d'enseignement secondaire et les effets sur le niveau de productivité ; il est apparu significatif pour tout l'échantillon de pays et pour un sous-échantillon de 22 pays de l'OCDE (Mankiw *et al.*, 1992).

L'évaluation du **taux de rentabilité privée** envisage plutôt l'évolution des compétences et des qualifications humaines au niveau de l'individu et au niveau de l'entreprise, ainsi que ses effets sur la performance des entreprises. Plusieurs études ont été consacrées aux effets de la formation en cours d'emploi sur les salaires et la productivité ; elles mettent en relief une nette incidence positive sur les salaires, oscillant généralement à l'intérieur d'une fourchette allant de 5 à 15 pour cent, ainsi qu'un impact positif sur la productivité (OCDE, 1996c). Une analyse portant sur une grande entreprise manufacturière américaine a révélé qu'une augmentation des dépenses de formation se traduisait par un taux de rentabilité pour la société en question de 20 à 35 pour cent (Bartel, 1995). D'autres études ont montré que les effets avantageux de la formation pour l'entreprise dépendaient de l'investissement consacré concomitamment à la technologie (Lynch, 1995).

Il faut établir davantage d'**indicateurs au niveau microéconomique ou au niveau de l'entreprise** pour décrire l'articulation entre la formation en entreprise, son impact sur le capital humain et la formation de compétences et les effets sur la performance de l'entreprise (tableau 13). Si la collecte des données sur la formation professionnelle dans les entreprises s'est améliorée, il convient de mener des enquêtes auprès des entreprises pour évaluer les dépenses qu'elles consacrent à la formation selon la nature de la formation (générale, technique, de gestion), la catégorie professionnelle (personnel non qualifié, chercheur, directeur) et la catégorie d'entreprise (secteur, taille).

**Tableau 13. Mesure de la formation liée à l'emploi**  
 Pourcentage de la population occupée bénéficiant d'une formation liée à l'emploi

	Année	Tranches d'âge			Total
		25-34	35-44	45-64	
<b>Durant les douze mois qui ont précédé l'enquête</b>					
Canada	1991	32	35	23	30
Finlande	1990	51	49	40	46
France	1992	43	27	11	27
Allemagne	1991	33	29	21	27
Norvège	1991	40	42	30	37
Suède	1993	36	33	41	36
Suisse	1993	42	41	34	38
États-Unis	1991	37	43	33	38
<b>Durant les quatre semaines qui ont précédé l'enquête</b>					
Danemark	1991	17	17	11	15
Irlande	1992	5	4	2	4
Espagne	1992	6	2	1	3
Royaume-Uni	1992	12	12	8	11

Source : OCDE (1995), *Formation et emploi*, Paris.

Il serait souhaitable de s'attacher aussi à identifier les ressources humaines et les compétences critiques requises par l'industrie pour mieux apparier l'offre et la demande de capital humain. L'OCDE rassemble actuellement des données sur l'emploi par branche et par profession, lesquelles pourront être utilisées dans l'avenir pour retracer l'évolution de l'emploi au sein des branches d'activité et entre diverses branches, examiner l'évolution de l'emploi qualifié et non qualifié au fil du temps, et recenser les facteurs sur lesquels reposent les gains et les pertes d'emplois dans divers secteurs. Il est, par ailleurs, intéressant de déterminer comment l'évolution technologique et organisationnelle au niveau de l'entreprise (gestion en flux tendus, fabrication souple, externalisation, rationalisation, etc.) influe sur la demande de ressources humaines. L'OCDE lance actuellement des enquêtes sur la flexibilité des entreprises dans divers pays Membres afin d'évaluer l'évolution que l'on peut escompter sur les marchés du travail en ce qui concerne les besoins en qualifications, la formation des effectifs, l'ancienneté moyenne et la configuration de l'emploi.

## H. Conclusions

Notre compréhension de ce qui se produit actuellement dans les économies de l'OCDE est limitée par la qualité des indicateurs dont on dispose. Si des progrès ont été accomplis au niveau de la théorie économique et de la méthodologie, ils ne serviront pas à grand chose s'ils ne peuvent s'appliquer aux bonnes données. La comptabilité nationale classique avait été conçue à une époque où l'économie était plus simple et où le rôle du savoir et du progrès technique n'était pas pleinement reconnu. En conséquence, ce cadre d'évaluation ne permet pas de proposer des explications rationnelles des tendances de la croissance économique, de la productivité et de l'emploi. L'apport de la R-D à la croissance de la productivité, les effets économiques des réseaux informatiques et d'information, le rôle de l'apprentissage tacite et les interactions économiques formelles et informelles sont autant de phénomènes qui se dérobent à notre analyse.

Pour combler ces lacunes, il faut continuer d'améliorer, d'élargir et de recombinaer les indicateurs actuels du savoir relatifs aux dépenses consacrées à la R-D et au personnel de recherche, notamment pour avoir une idée plus précise du rôle de la recherche et de l'innovation dans le secteur des services. Dans une

économie fondée sur le savoir, les indicateurs ne doivent pas se limiter à mesurer l'apport de savoir, mais mesurer les stocks et les flux, les taux de rentabilité et les réseaux de distribution. Le rôle central de l'apprentissage montre aussi qu'il est nécessaire d'établir de nouveaux indicateurs du capital humain, de la formation et des besoins en main-d'oeuvre. Parmi les domaines où il est particulièrement souhaitable de développer de nouveaux indicateurs figurent :

- ◇ **Les stocks et les flux de connaissances** -- Il est possible de mettre au point des méthodes statistiques afin d'estimer les stocks de connaissances à partir de la mesure actuelle des entrées et des flux de R-D. L'établissement d'indicateurs de flux de connaissances permettrait de mieux mesurer l'intensité de R-D et de savoir des branches d'activité et de l'économie dans son ensemble. Cela suppose de disposer d'indicateurs plus vastes et plus comparables relatifs à l'acquisition et à l'utilisation de différents types de technologie selon les branches, en particulier des technologies de l'information. Une analyse plus créative des données existantes sur les brevets au niveau national et international pourrait aider à rendre compte des flux de connaissances non incorporées.
- ◇ **Les taux de rentabilité du savoir** -- Afin d'évaluer les productions de connaissances et d'évaluer la performance des économies fondées sur le savoir, il faut mettre au point en priorité des indicateurs améliorés des taux de rentabilité sociale et privée de la R-D et d'autres apports de savoir. Il s'agit notamment de mesurer la rentabilité pour l'individu, pour l'entreprise et pour la société en termes d'emploi, de production, de productivité et de compétitivité, par exemple à partir d'analyses économétriques au niveau macroéconomique et au niveau de l'entreprise. L'un des grands enjeux est de mettre au point des indicateurs et des protocoles permettant de mesurer l'impact de la technologie sur la productivité et sur la croissance économique.
- ◇ **Les réseaux de savoir** -- Étant donné l'importance du savoir tacite aussi bien que codifié, de la diffusion comme de la création de savoir, du *savoir-quoi* (savoir-faire) et du *savoir-qui* dans une économie du savoir, il est essentiel de disposer d'indicateurs de la capacité de diffusion des connaissances et d'autres caractéristiques des systèmes d'innovation. Les enquêtes sur l'innovation au niveau de l'entreprise, ainsi que d'autres méthodes d'appréciation, doivent être mises au point si l'on veut mieux connaître les processus d'innovation et les interactions entre les entreprises et d'autres acteurs institutionnels jouant un rôle dans l'économie.
- ◇ **Le savoir et l'apprentissage** -- Les indicateurs du capital humain, en particulier ceux qui ont trait à l'enseignement et à l'emploi, sont des mesures fondamentales dans une économie du savoir. Mesurer les taux de rentabilité sociale et privée de l'investissement dans l'enseignement et la formation aideront à mettre en valeur les moyens d'accroître la capacité d'acquisition de connaissances des individus et des entreprises. Les indicateurs microéconomiques, au niveau de l'entreprise, relatifs aux besoins en matière de ressources humaines, à l'emploi et à la mobilité professionnelle permettront de mieux faire coïncider l'offre et la demande de compétences sur le marché du travail.

## REFERENCES

- ABRAMOWITZ, M. (1989), *Thinking about Growth*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BALDWIN, J., B. DIVERTY et J. JOHNSON (1995), *Success, Innovation, Technology and Human Resource Strategies -- An Interactive System*, rapport présenté à la conférence de l'OCDE sur les effets de la technologie et de l'innovation sur la performance des entreprises et l'emploi, Washington, DC, 1-2 mai,
- BARTEL, A. (1995), "Training, Wage Growth and Job Performance: Evidence from a Company Database", *Journal of Labor Economics*, Vol. 13.
- BECK, N. (1992), *Shifting Gears: Thriving in the New Economy*, Harper Collins Publishers, Toronto.
- CARTER, A.P. (1994), "Production Workers, Metainvestment and the Pace of Change", rapport présenté à la réunion de l'International J.A. Schumpeter Society, Munster, août.
- DAVID, P. et D. FORAY (1995), "Distribution et expansion de la base de connaissances scientifiques et technologiques", *Revue STI* N° 16 de l'OCDE, Paris.
- DeBRESSON, C. (1989), "Breeding Innovation Clusters: A Source of Dynamic Development", *World Development*, Vol. 17, N° 1.
- GERA, S. et K. MANG (1995), "Changing Canadian Industrial Structure Shifts in Output Growth", rapport présenté au Séminaire d'experts sur la technologie, la productivité et l'emploi : analyses macroéconomiques et sectorielles, OCDE, 19-20 juin 1995.
- GIBBONS, M., C. LIMOGE, H. NOWOTNY, S. SCHWARTZMAN, P. SCOTT et M. TROW (1994), *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Sage Publications, Londres.
- GRILICHES, Z. (1958), "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations", *Journal of Political Economy*, octobre.
- GROSSMAN, G.M. et E. HELPMAN (1994), "Endogenous Innovation in the Theory of Growth", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, N° 1.
- INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE (IRI) (1995), *Trends in Industrial Research Spending in the United States*, Washington, DC.
- KATZ, L.P. et K.M. MURPHY (1992), "Changes in Relative Wages 1963-1987: Supply and Demand Factors", *Quarterly Journal of Economics*, février.
- KRUEGER, R.B. (1993), "How Computers have Changed the Wage Structure: Evidence from Micro-Data, 1984-89", *Quarterly Journal of Economics*, février.
- LAURITZEN, F. (1996), "Technology, Education and Employment", dans *Employment and Growth in the Knowledge-based Economy*, rapport présenté à la Conférence de l'OCDE sur l'emploi et la croissance dans une économie fondée sur le savoir, Copenhague, novembre 1994.
- LEONTIEF, W. (1993), "Input-Output Analysis of the Structure of Scientific Knowledge", rapport présenté à la Dixième conférence internationale sur les techniques d'input-output, Séville.
- LYNCH, L.M. (1995), "Employer Provided Training in the Manufacturing Sector: First Results from the United States", rapport présenté à la Conférence de la Banque mondiale sur les stratégies de formation et la productivité des entreprises, Washington, DC, juin.
- LUNDVALL, B. et B. JOHNSON (1994), "The Learning Economy", *Journal of Industry Studies*, Vol. 1, N° 2.
- MACHLUP, F. (1962), *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- MANKIW, G., D. ROMER et D. WEIL (1992), "A Contribution to the Structure of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106.
- MANSFIELD, E. (1991), "Academic Research and Industrial Innovation", *Research Policy*, Vol. 20.

- MANSFIELD, E., J. RAPOPORT, A. ROMEO, S. WAGNER et G. BEARDSLEY (1977), "Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 77.
- MERIT (1995), *PACE Report: Innovation Strategies of Europe's Largest Industrial Firms*, rapport préparé dans le cadre du programme SPRINT, Commission européenne.
- NADIRI, I. (1993), "Innovations and Technological Spillovers", NBER Working Paper N° 4423. Cambridge, Massachussets.
- OBSERVATOIRE DE L'INNOVATION EN EUROPE (OIE) (1994), *Public Policies to Support Tacit Knowledge Transfer*, Actes du séminaire SPRINT/OIE, mai 1993.
- OCDE (1994), *Étude de l'OCDE sur l'emploi : Données et explications*, Paris.
- OCDE (1995a), *Industrie et technologie : tableau de bord d'indicateurs*, Paris.
- OCDE (1995b), *Perspectives des technologies de l'information*, Paris.
- OCDE (1996a), *Employment and Growth in a knowledge-based economy*, Paris.
- OCDE (1996b), *Technologie, productivité et création d'emplois*, Paris.
- OCDE (1996c), *Transitions to Learning Economies and Societies*, Paris.
- RUBIN, M.R. et M.T. HUBER (1984), *The Knowledge Industry in the United States*.: Princeton University Press, Princeton, NJ.
- PORAT, M. (1977), *The Information Economy: Definition and Measurement*. US Government Printing Office, Washington, DC.
- PSACHAROPOULOS, G. (1984), "The Contribution of Education to Economic Growth", dans J.W. Kendrick (dir. pub.), *International Comparisons of Productivity and Causes of the Slowdown*, Ballinger Publishing Co., Cambridge.
- ROMER, P. (1994), "The Origins of Endogenous Growth", *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8.
- ROELANDT, T., P. BOEKHOLT, P. DEN HERTOOG et H. VAN DER GAAG (1995), "Cluster Analysis as a Reduced Scale Model for the National Innovation System", rapport présenté à l'occasion de l'atelier de l'OCDE sur les systèmes nationaux d'innovation, Vienne, 6 octobre.
- SAKURAI, N., G. PAPAConstantinou et E. IOANNIDIS (1996), "The Impact of R&D and Technology Diffusion on Productivity Growth: Evidence from Ten OECD Countries in the 1970s and 1980s", *STI Working Papers 1996/2*, OCDE, Paris.
- SCHERER, F. (1989), "Inter-Industry Technology Flows in the United States", dans F. Scherer (dir. pub.), *Innovation and Growth: Schumpeterian Perspectives*, MIT, Cambridge.
- SMALL, H. et E. GARFIELD (1985), "The Geography of Science: Disciplinary and National Mappings", *Journal of Information Science*, Vol. 11.
- SMITH, K. (1995), Les interactions dans les systèmes de connaissances : justifications, conséquences au plan de l'action gouvernementale et méthodes empiriques, *Revue STI* N° 16 de l'OCDE, Paris.
- SMITH, K., E. DIETRICHS et S. NÅS (1995), "The Norwegian National Innovation System: A Pilot Study of Knowledge Creation, Distribution and Use", rapport présenté à l'occasion de l'atelier de l'OCDE sur les systèmes nationaux d'innovation, Vienne, 6 octobre.4
- TIPPING, J., E. ZEFFREN et A. FUSFELD (1995), "Assessing the Value of Your Technology", *Research Technology Management*, septembre-octobre.
- US DEPARTMENT OF COMMERCE (1977), *The Information Economy*, Washington: US Government Printing Office, Washington, DC.
- VICKERY, G. (1987), "La diffusion des nouvelles technologies : la macroélectronique", *Revue STI* N° 2 de l'OCDE, Paris.