

QUELS INDICATEURS POUR LES POLITIQUES DE LA SCIENCE, DE LA TECHNOLOGIE ET DE L'INNOVATION AU XXI^E SIÈCLE ?

FORUM BLUE SKY II – CONTEXTE ¹

I. Introduction

1. Il est entendu depuis longtemps que la production, l'exploitation et la diffusion du savoir sont essentielles à la croissance économique, au développement et au bien-être des nations. La diffusion très large des nouvelles technologies de l'information dans les années 90 a considérablement amélioré la capacité de produire, de traiter et de synthétiser des informations pour les transformer en savoir, faisant émerger une problématique nouvelle : comment créer du savoir, l'entretenir et l'exploiter au service de l'avantage compétitif ? Mieux évaluer la science, la technologie et l'innovation, tel est l'élément central de la réponse à cette question. La Réunion des ministres de la Science et de la Technologie qui s'est tenue en 2004 a confirmé la nécessité de « d'élaborer une nouvelle génération d'indicateurs qui permettent de mesurer les performances en matière d'innovation et les autres produits d'une économie fondée sur le savoir », en prêtant une attention particulière « aux données requises pour l'évaluation, le suivi et l'élaboration des politiques ». Par-delà les efforts visant à promouvoir un environnement propice à l'invention, la diffusion et la commercialisation des résultats scientifiques, qui ont été la préoccupation de nombre de ministres de l'Industrie ou de la Science et de la Technologie, on constate désormais chez les directeurs de banques centrales et les ministres des Finances un souci croissant de mieux comprendre comment l'innovation crée de la valeur sous forme de gains de productivité et de bénéfices, contribue à la valorisation de l'entreprise et à terme assure la croissance, la productivité et la compétitivité des économies.

2. L'OCDE oeuvre depuis près de 50 ans à l'élaboration d'indicateurs de la science, de la technologie et de l'innovation et à l'analyse des politiques dans ces domaines. Au fil des années, la nature de la science, de la technologie et de l'innovation a évolué, tout comme les indicateurs dont on a besoin pour rendre compte de ces processus et de leurs interactions. L'innovation relève de plus en plus d'une entreprise collective menée sur un marché mondialisé ; elle revêt de nouvelles formes non technologiques, et sa diffusion est plus rapide grâce aux nouvelles technologies de l'information. La science devenant de plus en plus multidisciplinaire et reposant de plus en plus sur la constitution de réseaux et le transfert de connaissances, les systèmes scientifiques doivent améliorer la réponse qu'ils apportent aux besoins d'un ensemble plus diversifié d'acteurs (OCDE, 2004a). Alors que de nouveaux problèmes se posent à l'interface entre systèmes scientifiques, innovation industrielle, ressources humaines et flux de connaissances, les mesures statistiques existantes ne permettent souvent pas d'analyser les interactions et la dynamique de la science, de la technologie et de l'innovation, en particulier dans un monde de plus en plus globalisé.

¹ Ce texte, écrit par Alessandra Colecchia (OCDE), s'inspire de Arundel, Colecchia et Wyckoff (2005) et a bénéficié des remarques de collègues et de membres du groupe de pilotage de la Conférence Blue Sky II.

3. Ce document examine les efforts passés et présents visant à mesurer les indicateurs de la science, de la technologie et de l'innovation, étudie l'évolution de la fonction de ces indicateurs, et dégage de nouvelles pistes susceptibles d'être explorées. Les huit thèmes présentés à la section V du présent document constituent un socle à partir duquel organiser le débat lors de la conférence *Blue Sky II* sur la prochaine génération d'indicateurs de la science, de la technologie et de l'innovation (STI), qui se déroulera au Canada, du 25 au 27 septembre 2006 (voir annexe I). Si l'expression « *Blue Sky* » évoque une réflexion créative et sans limite sur l'élaboration de nouveaux indicateurs en vue de répondre aux besoins en mutation des décideurs et des utilisateurs dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation, les ressources disponibles pour mettre au point de tels indicateurs risquent cependant d'être limitées et d'impliquer des choix sélectifs. Néanmoins, il est possible d'exploiter de manière féconde les données existantes et de tirer parti de travaux statistiques dans des domaines autres que la science, la technologie et l'innovation. Il convient de trouver un équilibre entre l'élaboration de nouveaux indicateurs et la refonte des anciens indicateurs.

Encadré 1 – Les indicateurs de la science et de la technologie à l'OCDE : bref rappel historique

Il y a près de 50 ans, en 1957, un groupe ad hoc d'experts s'est réuni pour examiner les problèmes méthodologiques que posaient les enquêtes sur les dépenses de recherche et de développement expérimental. En 1961, l'OCDE était créée, et en 1962, la Direction des affaires scientifiques organisait une conférence afin de s'attaquer de manière plus systématique aux problèmes de la mesure de la R-D : c'était la première conférence « *Blue Sky* » sur les indicateurs de la science et de la technologie, consacrée à l'élaboration de nouveaux indicateurs au service de la formulation des politiques scientifiques et technologiques.

Pour cette conférence, Christopher Freeman et Alison Young ont été chargés de rédiger un document de référence intitulé « Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental » qui a été ensuite examiné, révisé et approuvé par les experts réunis à Frascati (Italie) en 1963. Depuis cette date, ce qui a été ensuite appelé le « Manuel de Frascati » a été révisé et étoffé cinq fois (1970, 1976, 1981, 1994 et 2002).

A certains égards, ces outils de la première heure ont rencontré un trop grand succès. Parmi tous les indicateurs de S-T, les indicateurs de R-D et les indicateurs construits, comme celui sur l'intensité de R-D d'un pays (R-D/PIB), sont de loin les plus courants et ils ont été intégrés dans des politiques de S-T spécifiques en tant qu'objectifs quantifiables. L'intérêt pour cet indicateur persiste bien que ses insuffisances soient parfaitement connues, la principale étant qu'il ne mesure qu'un type d'intrant scientifique et technologique (la R-D) au sein du système complexe formé par les différents intrants et extrants de l'innovation.

Le succès rencontré par le Manuel de Frascati et par les indicateurs de R-D a conduit au lancement d'une série d'activités méthodologiques et statistiques analogues dans d'autres domaines, dans le but de mieux cerner le système global d'innovation. Cet ensemble de principes directeurs méthodologiques et de travaux statistiques est globalement qualifié de « Famille Frascati », mais aucun de ses membres n'a en fait atteint le degré de notoriété des indicateurs Frascati et de R-D d'origine. De nombreuses raisons expliquent cette situation, notamment l'insuffisance du temps consacré à la compréhension et à l'exploitation de nouvelles sources de données sur les activités innovantes.

Plus importante encore peut-être a été l'ambiguïté des prescriptions publiques en faveur de la mise au point de nouveaux indicateurs. La donne a commencé à changer vers le milieu des années 90 lorsque les ministres de la Science des pays membres, réunis à Paris, ont chargé l'OCDE de lancer un projet sur les « Nouveaux indicateurs de la science et de la technologie ». Baptisé projet des « indicateurs Blue Sky », il avait pour objectif de mener une réflexion novatrice et ouverte sur l'élaboration de nouveaux indicateurs afin de mieux servir les besoins des politiques publiques. Les ministres ont invité les pays membres à « (...) collaborer au développement d'une nouvelle génération d'indicateurs pouvant mesurer les performances en matière d'innovation d'une économie fondée sur le savoir, et les autres 'produits' qui y sont liés ». Le défi consistait à proposer de nouveaux indicateurs capables d'apporter un éclairage sur le système global d'innovation, notamment sur ses extrants.

La conférence de lancement de 1996, qui a réuni près de 200 chercheurs, universitaires, statisticiens et décideurs, a porté sur un large éventail d'indicateurs : investissements immatériels, brevets, bibliométrie, mesures de l'innovation par enquêtes directes, mondialisation, et enquêtes sur les performances des entreprises. Elle intervenait au terme d'une mutation majeure dans les théories des politiques et de l'économie de l'innovation. On était passé d'un modèle linéaire dans lequel l'innovation est alimentée par la R-D (modèle illustré par le premier Manuel de Frascati) à une théorie systémique de l'innovation où de nombreux types différents de flux de connaissances influent sur les capacités d'innovation au niveau de la firme (théorie au fondement du premier Manuel d'Oslo). Cette conférence a été l'occasion pour un large éventail de chercheurs de faire la synthèse de leurs travaux : fondés sur une approche systémique de l'innovation, ainsi que sur des travaux économétriques exploitant les résultats préliminaires de la première Enquête communautaire sur l'innovation menée en Europe ou des sources de données telles que les brevets et la bibliométrie, ces travaux exploraient les liens d'interdépendance entre les entreprises. Très peu de contributions étaient de caractère prospectif, c'est-à-dire cherchaient à évaluer les possibilités de construire de nouveaux indicateurs afin de répondre aux nouveaux besoins en matière de politiques publiques.

L'absence de recherche à caractère prospectif sur les indicateurs reflétait dans une certaine mesure l'idée largement partagée selon laquelle le cadre structurel de la science et de la technologie resterait vraisemblablement stable dans l'avenir prévisible. En effet, l'innovation était acceptée comme source majeure d'avantage comparatif pour les pays développés, conviction influencée en partie par la théorie traditionnelle de la croissance du début des années 90.

La conférence a donné naissance à plusieurs des activités de suivi qui avaient été proposées : (i) mieux cerner la mobilité des ressources humaines en science et technologie ; (ii) suivre la circulation des connaissances non incorporées et évaluer la valeur économique de l'innovation à l'aide des statistiques sur les brevets ; (iii) suivre l'évolution des activités et des réseaux du système scientifique par le biais de la bibliométrie ; (iv) étudier de manière approfondie le caractère innovant d'une sélection d'activités de services ; (v) étudier le processus d'innovation au niveau de l'entreprise, en particulier dans les petites entreprises ; (vi) mesurer l'internationalisation des activités scientifiques et technologiques à l'aide de données sur les activités des entreprises multinationales et de données sur les brevets ; (vii) construire des indicateurs pour des politiques scientifiques et technologiques spécifiques telles que l'attribution de crédit d'impôt sur les dépenses de R-D (voir OCDE 2001a).

II. L'expérience Blue Sky I et au-delà

4. Le premier projet « Blue Sky » ou « Nouveaux indicateurs de la science et de la technologie » a été lancé en 1996 par le GENIST à la demande des ministres de la Science (voir encadré 1). Il a été donné suite à la quasi-totalité des activités proposées qui ont pris la forme d'un vaste corpus de travaux à l'échelle internationale. La principale exception a été la bibliométrie, qui intéresse essentiellement les milieux universitaires même si plusieurs organes gouvernementaux ont mené des actions dans ce domaine. Les travaux sur la mobilité des ressources humaines en science et technologie ont surtout porté sur la mobilité interne et interinstitutionnelle nationale et ont été limités par la disponibilité des données, par les lacunes liées au champ couvert par les enquêtes sur les ressources humaines, et par le problème de l'actualité des données de recensement. L'exploitation des statistiques sur les brevets pour examiner les divers aspects du système d'innovation a été considérablement développée, en particulier pour mettre au point des indicateurs permettant de procéder à des comparaisons internationales. Une série d'initiatives a été lancée pour mieux cerner et mesurer l'innovation dans le secteur des services, notamment en 1997 la révision du Manuel d'Oslo en vue de proposer des principes directeurs pour la mesure des activités d'innovation dans les services, en 2002 la révision du Manuel de Frascati, des travaux approfondis sur le secteur de la santé (Young, 2001), et une série d'études de cas sur les services à forte intensité de savoir. Des enquêtes sur l'innovation, dont l'Enquête communautaire sur l'innovation de l'Union européenne offre le meilleur exemple, continuent à être menées et à apporter de nouveaux éclairages, notamment quand les données sont analysées au niveau de l'entreprise. Enfin, les indicateurs relatifs aux dispositions fiscales en matière de R-D dans les pays de l'OCDE ont été actualisés et affinés plusieurs fois, et ils sont régulièrement utilisés dans des publications telles que *Science, Technologie et Industrie : Tableau de bord de l'OCDE* (OCDE, 2003a).

5. Les travaux sur les nouveaux indicateurs lancés en 1996 ont été une entreprise très utile qui a donné lieu à plusieurs avancées décisives. Ils ont en outre permis de tirer de précieux enseignements sur l'élaboration de nouveaux indicateurs de la science et de la technologie. Le premier de ces enseignements est que toutes les idées ne peuvent ni ne doivent être développées et mises en œuvre, en particulier dans le contexte actuel de restrictions budgétaires qui frappent les offices statistiques et compte tenu des normes rigoureuses de transparence comptable auxquelles les activités de l'Etat sont de plus en plus soumises. Le second de ces enseignements est que les indicateurs de S-T ne sont pas du ressort des seuls spécialistes de la science et de la technologie. De fait, certains des travaux les plus novateurs réalisés dans les années 90 en matière d'indicateurs de S-T l'ont été en dehors de leur communauté, dans le domaine des :

- Statistiques sur la société de l'information : la société de l'information a bénéficié d'un degré élevé de priorité à la fin des années 90 et en cinq ans environ, des définitions internationales ont été élaborées, des travaux approfondis d'évaluation de certaines applications clés comme le commerce électronique ont été lancés, et il a été décidé de comptabiliser les actifs incorporels produits par les TIC, tels que les logiciels, comme des actifs fixes dans les comptes nationaux.
- Statistiques sur les entreprises multinationales : pour mieux cerner le rôle des multinationales dans l'économie, une série de données a été élaborée sur la base des *activités* des filiales étrangères et de leurs sociétés-mères, au lieu de recourir à la démarche plus traditionnelle qui consiste à mesurer les flux *d'investissement* par le biais de l'IDE. Comme dans les statistiques structurelles d'entreprises, le fait de cibler les activités permet de mesurer la R-D des multinationales, qui constitue une part importante de la R-D des entreprises. Des travaux ont été entrepris en vue d'élaborer un ensemble de recommandations méthodologiques sur la manière de mesurer les différents aspects de la mondialisation économique, qui ont donné le jour à un manuel sur ce thème en 2005 (OCDE, 2005).

- Statistiques sur l'éducation : des travaux ont été menés pour améliorer la qualité et la disponibilité de statistiques sur l'éducation comparables au plan international. La *Base de données de l'OCDE sur l'éducation* fournit des informations comparatives sur les principaux aspects des systèmes d'éducation et prend en compte le taux de scolarisation, les diplômés et les nouveaux inscrits par sexe, âge et niveau de formation, le personnel enseignant, et les dépenses d'éducation. La *Base de données sur les niveaux de qualification* fournit des données sur le niveau d'études de la population ventilée par sexe, âge, et situation au regard de l'emploi (employé, sans emploi ou inactif). Un nouvel instrument d'évaluation des connaissances et qualifications a été lancé en 2000 : il s'agit du Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA), enquête triennale auprès d'élèves de 15 ans des pays membres et non membres de l'OCDE (voir <http://www.pisa.oecd.org/>).
- Estimations de la productivité : des travaux de fond visant à améliorer la comparabilité internationale des estimations de la productivité ont été menés en élaborant un manuel qui propose des recommandations méthodologiques ainsi que des prescriptions sur les données requises pour mesurer la productivité (OCDE, 2001b). Des travaux ont été lancés en vue d'étudier comment améliorer la mesure de la production de matériel informatique afin d'évaluer des secteurs comme celui des services, et comment mettre au point des indices de prix qui rendent mieux compte des évolutions de la qualité d'origine technologique pour des produits comme les ordinateurs (Triplet, 2004).

6. Des exemples qui précèdent, il ressort à l'évidence qu'il est indispensable d'intégrer des sources de données allant au-delà du champ traditionnel de la science et de la technologie afin de disposer d'une vision globale des connaissances et des flux de connaissances.

III. Prospective : le nouveau millénaire

7. Si la science et la technologie, en particulier les nouvelles technologies de l'information, ont constitué un élément déterminant des performances des pays en matière de croissance dans les années 90, avec l'avènement du nouveau millénaire, des évolutions plus vastes se font désormais sentir qui créent un nouveau cadre pour les indicateurs de la science, de la technologie et de l'innovation. En particulier, de nouveaux défis en matière de mesure voient le jour sous l'effet des changements liés à la mondialisation, à la démographie et à l'environnement, notamment à la demande et à l'offre de ressources naturelles. La première évolution tient aux mutations majeures intervenues dans la localisation de l'avantage comparatif pour la production de biens manufacturés et de services. La Chine, nouvel « atelier du monde », représente une part grandissante des produits manufacturés tandis que l'Inde se renforce dans des services tels que le développement de logiciels, les essais cliniques et les centres d'appels. Avec l'élargissement de l'Union européenne à un grand nombre des économies en transition, on a assisté à une augmentation des délocalisations de la production du secteur manufacturier et des services, des pays à hauts salaires vers les pays à bas salaires.

8. Ni les externalisations, ni les délocalisations ne sont des pratiques nouvelles : elles existent depuis des décennies. Ce qui diffère aujourd'hui, c'est que les pays à hauts salaires risquent de ne plus être en mesure de conserver leur avantage comparatif par l'« innovation permanente » face à la concurrence des pays à bas salaires, comme le suggère Romer – tout au moins selon une vision étroite de l'innovation définie comme de nouveaux produits et procédés dans des secteurs de haute technologie². En effet, les capacités d'innovation de pays à bas salaires, disposant de vastes marchés et dotés de ressources humaines hautement qualifiées comme l'Inde et la Chine, connaissent un développement rapide comme en témoignent les données de l'OCDE sur la croissance de la R-D et le nombre de diplômés en sciences de

² Voir Romer et Luis Rivera-Batiz (1991).

l'ingénieur en Chine, ou des reportages sur la capacité de l'Inde comme de la Chine à soutenir la concurrence non seulement dans des secteurs à faible valeur ajoutée comme le textile, mais aussi dans des secteurs à forte intensité de savoir tels que les logiciels, les biens d'équipements et la fabrication des TIC³.

9. Le deuxième grand changement structurel dans les pays développés est l'élévation de l'âge moyen de la population, qui pourrait avoir une incidence négative sur la demande de produits innovants. Les recherches montrent systématiquement que le taux d'adoption des produits de consommation et des services innovants, tels que téléphone portable ou accès Internet, est inversement proportionnel à l'âge et positivement corrélé au revenu. En 2000, par exemple, 90 % des Italiens de 15 à 24 ans possédaient un téléphone portable, contre seulement 30 % des plus de 55 ans⁴. Un tel changement démographique pourrait faire baisser la demande nationale globale de produits innovants et, secondairement, dans la mesure où l'existence d'un marché intérieur pour les produits de haute technologie a des répercussions sur les capacités d'innovation nationales, une population vieillissante pourrait réduire les capacités d'innovation du marché intérieur⁵. En revanche, une population vieillissante peut avoir un impact positif sur la demande de technologies et de produits innovants liés aux services de santé et de loisirs.

10. Le troisième changement mondial concerne les grandes mutations technologiques, dont une est peut-être en cours actuellement sous l'effet d'une augmentation rapide de la demande d'énergie. Si des inquiétudes s'exprimaient depuis un certain temps quant à la sécurité des approvisionnements pétroliers, la demande croissante de la Chine et de l'Inde, conjuguée à l'instabilité persistante au Moyen-Orient, place désormais cette question au premier plan des préoccupations. Plus importante encore peut-être est la mutation découlant d'une meilleure compréhension des effets de la consommation des combustibles carbonés sur le changement climatique. Ces deux grandes tendances comportent certes des incertitudes, mais si elles se conjuguent, il devient clair que la science et la technologie devront se pencher sur la nécessité de passer des combustibles carbonés à d'autres sources d'énergie et/ou à des méthodes telles que le piégeage du carbone, de façon à minimiser les émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

11. Ces grands changements qui relèvent du long terme soulignent la nécessité d'une approche plus prospective des indicateurs de S-T, qui permette de répondre aux exigences des politiques publiques à court et moyen terme.

IV. Le caractère évolutif de la science, de la technologie et de l'innovation, un élément à prendre en compte

12. La diffusion rapide des nouvelles technologies de l'information et la mondialisation accrue des marchés ont contribué à changer la nature de la science et de l'innovation, ainsi que les liens ou l'interface entre les deux domaines. Mieux cerner les caractéristiques de ces changements aidera à répondre au besoin de nouveaux indicateurs de la science, de la technologie et de l'innovation. Cette section s'emploie à définir certains de ces changements.

³ Voir Engardio P. et Roberts D., 2004.

⁴ EURESCOM, 2001.

⁵ Il s'agit de l'une des quatre pointes du « diamant de Porter » concernant la capacité d'innovation d'un pays (Porter, 1990). Toutefois, on ne dispose que de peu de données économétriques confirmant le rôle des consommateurs de produits de haute technologie, hormis quelques études de cas qui souffrent d'un biais de sélection. Sur ce dernier thème, voir Beise (2001).

L'interface science-innovation : les liens industrie-science et la multidisciplinarité dans la recherche

13. Bien qu'une part importante des activités d'innovation ne soit pas directement fondée sur des résultats scientifiques, il est évident que la recherche publique joue un rôle clé dans le développement de nouvelles technologies dans des domaines tels que les TIC, les biotechnologies et les nanotechnologies, et contribue par conséquent aux grandes innovations. Dans certains domaines, la recherche universitaire et la recherche industrielle convergent. Une grande partie des travaux menés dans les grands laboratoires de recherche industrielle et dans les petites start-ups de haute technologie se situe à l'avant-garde de la recherche. Les chercheurs universitaires, pour leur part, explorent souvent les applications commerciales de leurs découvertes. En témoigne la branche de la biologie connue sous le nom de génomique structurale, dans laquelle chercheurs universitaires et chercheurs industriels ont lancé des projets presque simultanément (OCDE 2004a).

14. Les liens entre la recherche scientifique publique et l'innovation industrielle apparaissent dans les modes de financement. Les pouvoirs publics financent de plus en plus la R-D réalisée dans le secteur des entreprises, et les entreprises assurent le financement d'une part croissante de la R-D réalisée dans le secteur universitaire et le secteur public. Mais dans les liens entre industrie et science, plus remarquables encore sont la constitution de larges alliances entre universités et entreprises, et la commercialisation croissante des résultats de la recherche par le biais d'entreprises créées par essaimage et par l'octroi de licences sur la propriété intellectuelle (OCDE, 2004a).

L'innovation, une activité de plus en plus collective

15. Au cours des années 90, l'innovation est devenue plus axée sur le marché, plus rapide, plus intense et plus étroitement liée aux avancées scientifiques. Le coût de l'innovation a évolué. D'un côté, comme l'éventail des technologies nécessaires à sa réalisation s'est élargi, l'innovation est devenue un processus plus complexe, mais les technologies de l'information ont abaissé le coût de l'expérimentation. L'impact final sur les coûts et les risques de l'innovation est incertain. De l'autre, les facteurs liés à la mondialisation ont réduit le coût des collaborations de recherche et le coût de l'externalisation d'éléments clés. Sous l'effet de cette double évolution, les entreprises se sont davantage spécialisées, tablant sur la coopération entre participants dans différents domaines d'expertise. Cette stratégie peut réduire l'incertitude, permettre le partage des coûts et des connaissances, et accélérer la mise sur le marché des produits et services innovants.

16. Les entreprises doivent revoir leur modèle de gestion pour rechercher de nouvelles façons de tirer profit de l'innovation. Une solution consiste à faire en sorte que les divers acteurs – entreprises, organismes publics, universités – améliorent la productivité de l'innovation, c'est-à-dire améliorent produits et résultats tout en réduisant les coûts. Cette solution suppose de faire sortir l'innovation des laboratoires centraux autonomes et de tabler davantage sur l'interdépendance, dans le cadre notamment de réseaux, d'alliances et de relations formelles et informelles, liens qui sont tous plutôt caractéristiques du modèle non linéaire de l'innovation. Le développement de ce type de liens pourrait produire des changements structurels fondamentaux qui améliorent la productivité de la recherche et qui permettent aux systèmes d'innovation de s'adapter aux conditions nouvelles. Le célèbre pôle d'innovation de la Silicon Valley constitue l'expression la plus visible de la puissante dynamique d'innovation que peuvent engendrer l'instauration de liens entre des entreprises innovantes dominantes (Fairchild, par exemple), des organismes publics de financement (le DARPA, par exemple), de jeunes entreprises en interaction géographique, un système universitaire tourné vers l'extérieur, de nouveaux types d'intermédiaires tels que des investisseurs de capital risque et des investisseurs providentiels, et la formation de partenariats stratégiques entre entreprises sous forme d'alliances, d'octrois de licences et de pools de brevets. Il importe de bien comprendre tous les éléments de cette dynamique pour élaborer des politiques qui soutiennent ce type d'expérience tout en préservant un environnement compétitif.

Les nouveaux lieux de la création et de l'appropriation de la valeur de l'innovation

17. Une autre tendance, stimulée par les nouvelles technologies de l'information, est l'importance croissante de l'innovation centrée sur l'utilisateur. Les progrès réalisés dans le domaine des matériels et des logiciels informatiques permettent d'externaliser la conception vers les utilisateurs (par le biais des boîtes à outils) et, de surcroît, les nouveaux moyens de communication tels que l'Internet renforcent la capacité des utilisateurs à conjuguer et coordonner leurs efforts d'innovation (von Hippel, 2004)⁶.

18. La localisation géographique évolue aussi. Les entreprises multinationales prennent de l'importance en tant qu'acteurs du processus d'innovation⁷. D'après Zysman (2004), la mondialisation est en partie déterminée par la modularisation croissante de composants standards dans certains secteurs industriels et certains types de R-D deviennent des produits que l'on peut se procurer au niveau mondial. Dans ces conditions, les entreprises innovantes font appel aux réseaux de production transnationaux et créent de la valeur grâce à une utilisation efficiente des filières mondiales d'approvisionnement. S'il est évident que les multinationales sont des acteurs importants du processus d'innovation, leur rôle est mal compris en partie parce que la supervision assurée par les autorités nationales et leurs différents organismes s'arrête aux frontières des pays. Les statistiques sur les entreprises multinationales peuvent donc se trouver limitées au territoire national, et donner ainsi une vision partielle de leurs activités d'innovation à l'échelle mondiale.

Les ressources humaines en science et technologie au coeur du processus d'innovation

19. Le besoin d'individus qui innovent est au coeur d'une économie tirée par l'innovation. A mesure que s'accroît la demande de compétences dans ce domaine et que les réseaux innovants deviennent de plus en plus transnationaux, ce segment de la population active s'internationalise. Les universités en sont les principales portes d'entrée. Les Etats-Unis, l'Australie, le Royaume-Uni et la Suisse réussissent à attirer dans leurs universités des étudiants étrangers qui, dans bien des cas, restent dans ces pays et y deviennent chercheurs. De même, l'immigration de personnels hautement qualifiés est devenue une source importante de compétences pour des pays comme les Etats-Unis qui ont ainsi pu faire face à la croissance accélérée d'un secteur relativement étroit et spécialisé de l'économie, comme la production de TIC et le développement de logiciels, sans créer de goulets d'étranglement inflationnistes, en attirant des centaines de milliers de personnes hautement qualifiées. Cela a pu se faire grâce à l'admission massive dans

⁶ Le secteur des semi-conducteurs en fournit un exemple évident : des technologies récentes – des circuits intégrés appelés dispositifs logiques programmables par l'utilisateur (FPLD) – permettent aux clients de devenir concepteurs et fabricants. Des fournisseurs préfabriquent ces microcircuits qu'ils vendent aux clients ; ceux-ci utilisent leurs logiciels et matériels de conception et de simulation pour programmer eux-mêmes les circuits. Les fournisseurs n'ont pas besoin d'être impliqués dans le processus de conception, et des prototypes physiques peuvent être mis au point par les clients pour un coût peu élevé et dans des délais réduits (von Hippel, 2005).

⁷ Les entreprises multinationales représentent une part prédominante de la R-D des entreprises des pays de l'OCDE. Dix grandes entreprises absorbent environ un quart de l'ensemble de la R-D des entreprises américaines (IRI, 2000). En Suède, les dépenses de R-D d'Ericsson en 1999 ont représenté près de 60 % de la dépense intérieure de R-D des entreprises (DIRDE) suédoises, même si une partie de cette R-D a été réalisée ailleurs en Europe, en Asie et en Amérique du Nord (Ericsson 2001). En Finlande, Nokia a représenté environ un tiers de la DIRDE finlandaise en 1999, et l'ensemble des dépenses de R-D de Nokia ont représenté plus de 80 % de la DIRDE en 2001, bien qu'on estime à 40 % la part de ce financement investi dans des centres de R-D étrangers R&D (Ali-Yrkkö *et al.* 2000). Au Canada, les dépenses de R-D de Nortel Networks ont représenté plus d'un tiers de la DIRDE canadienne en 2001, même si la R-D de cette entreprise a été réalisée dans plus de 10 pays, dont l'Australie, la Chine, les Etats-Unis la France et le Royaume-Uni, en plus du Canada (voir <http://www.nortelnetworks.com/corporate/technology/innovation/randd.html>).

l'enseignement supérieur d'étudiants qui sont ensuite restés aux Etats-Unis après avoir obtenu un diplôme de haut niveau, et grâce à un système de visas favorisant les travailleurs hautement qualifiés. La question de la fuite et de l'afflux des cerveaux a acquis de l'importance au point d'être choisie comme thème d'une conférence de l'OCDE en 2001⁸. Il est ressorti de cette réflexion que la mobilité internationale des personnels hautement qualifiés n'était pas une situation simple avec des gagnants et des perdants, ni une équation à somme nulle, mais un phénomène complexe et multiforme dont rend mieux compte l'expression de « circulation des cerveaux ». Les facteurs de rejet et d'attraction qui ont une incidence sur ces mouvements constituent un diagnostic utile des points forts et des points faibles de l'ensemble du système national d'innovation.

20. Les pays de l'OCDE pourraient voir s'amoinrir dans l'avenir leur capacité à attirer des étudiants et à soutenir la concurrence dans cette course mondiale, et ils risquent de devoir déployer davantage d'efforts pour accroître leurs effectifs nationaux d'étudiants de l'enseignement supérieur et de doctorants⁹. Cette situation, conjuguée à l'instauration d'objectifs quantitatifs visant à améliorer le système d'innovation de divers pays et régions, tels que les objectifs fixés au sommet de l'Union européenne de Lisbonne et à celui de Barcelone, exige de disposer de meilleures données sur le mécanisme de production de chercheurs. Parallèlement, la plupart des pays de l'OCDE sont confrontés à des défis démographiques car nos populations vieillissent et l'attrait de la science pour les jeunes s'estompe. Ces mutations et d'autres encore donnent à penser que nous avons besoin de meilleurs indicateurs sur la démographie des compétences par âge et par sexe, et entre populations immigrées et non immigrées. L'objectif est de renverser la tendance actuelle à la désaffection des étudiants pour les sciences que l'on peut observer dans nombre de pays de l'OCDE, et qui revêtira une importance cruciale si les opportunités croissantes offertes aux personnes hautement qualifiées dans les pays « sources » (Inde et Chine, etc.) réduisent la capacité des pays à hauts revenus à se procurer des compétences à l'étranger. Pour accroître l'offre nationale de scientifiques et d'ingénieurs, il pourrait être nécessaire de mieux réussir à convaincre de vastes groupes sous-représentés comme les femmes d'opter pour des carrières scientifiques et techniques.

⁸ Séminaire de l'OCDE sur la mobilité internationale des travailleurs hautement qualifiés : de l'analyse statistique à la formulation des politiques, Paris, 11-12 juin 2001.

⁹ Par exemple, le nombre de doctorants en provenance de deux grandes régions, l'Asie de l'Ouest et l'Asie de l'Est (dont la Chine), a connu un niveau record en 1996. Les effectifs d'Asie de l'Est ont diminué de 24 % entre 1996 et 2000, bien avant les nouvelles restrictions sur les visas instaurées par les Etats-Unis après 2001. Parallèlement, le nombre de thèses produits par la Chine a décollé en 1996. Il est possible d'établir un lien entre les deux tendances, le moindre afflux de doctorants d'Asie de l'Est vers les Etats-Unis étant attribuable à l'augmentation des possibilités offertes par ces pays asiatiques. Le Royaume-Uni fait aussi état d'un recul de 5.3 % du nombre d'inscriptions à l'université d'étudiants non ressortissants de l'Union européenne à l'automne 2005 (voir UCAS, <http://www.ucas.ac.uk/new/press/news170205/index.html>).

V. La refonte des anciens indicateurs et l'élaboration de nouveaux indicateurs : pistes et questions à examiner

21. Si une réflexion créative et tous azimuts constitue un exercice utile, il convient toutefois de revenir à la réalité en rappelant que, dans la plupart des cas, les ressources disponibles pour élaborer de nouveaux indicateurs sont très limitées. Une approche selon deux axes s'impose donc : exploitation créative des enquêtes existantes, et nouveaux efforts sélectifs et ciblés. Un fonctionnement en réseau est aussi indispensable pour exploiter les travaux menés dans d'autres domaines des statistiques que celui des indicateurs de S-T de façon à offrir une vision globale de l'innovation à l'aide d'un minimum de ressources supplémentaires.

22. On trouvera ci-dessous un ensemble de huit thèmes autour desquels s'articule la demande de communications pour le forum Blue Sky II 2006 (Ciel Bleu II 2006) (voir http://www.statcan.ca/francais/conferences/sciencetech2005/index_f.htm). Pour chaque thème sont proposés des exemples de questions qu'on pourrait souhaiter voir aborder sans pour autant s'y limiter. Le Forum 2006 offrira un cadre pour procéder à une évaluation critique des taxonomies et des outils de mesure de la science et de la technologie, du point de vue de leur qualité et de leur utilité pour l'action publique, au niveau tant national qu'international. Théoriquement, il devrait permettre d'élaborer un cadre de référence pour mettre au point des indicateurs prenant en compte des éléments de la problématique présentée pour chaque thème.

➤ THÈME 1. Mondialisation des activités et des réseaux de recherche et développement (R-D)

Problématique : La nature des acteurs de la R-D a connu des évolutions (entre autres : prédominance de la R-D réalisée par de grandes multinationales diversifiées, et tendance à externaliser la R-D auprès d'entreprises de « services de R-D », qui, bien que classées dans le secteur des services, sont nombreuses à réaliser de la R-D pour des industries manufacturières) et de nouvelles modalités de réalisation de la R-D se font jour (collaborations, consortiums ou alliances de R-D, externalisation de la R-D auprès des filiales étrangères, entre autres). Toutefois, le dispositif de collecte des données est lié à des modèles d'exécution de la R-D, qui sont de moins en moins représentatifs de l'ensemble des activités de R-D, et les nouvelles formes de R-D ne sont pas bien prises en compte dans les études actuelles (NRC, 2005).

Q : *Quelles sont les mesures à effectuer en priorité pour l'élaboration des politiques de R-D au XXI^e siècle ? Faut-il mesurer la mondialisation des activités de R-D ? Ou doit-on mieux exploiter les données micro-économiques pour analyser la R-D sous une forme détaillée, c'est-à-dire par activité, par institution, par région, par taille de l'entreprise, par domaine de recherche ? En effet, cette analyse aiderait à identifier les grappes à forte intensité de recherche, fournirait des informations pour classer par ordre de priorité les dispositifs d'investissement ou de soutien de la recherche publique tels que programmes fiscaux ou incitations fiscales. Ou enfin, faut-il mesurer l'investissement dans la R-D et ses impacts sur la croissance et la productivité (par exemple, on ne dispose pas actuellement d'indices de prix et de taux d'amortissement concernant la R-D, qui soient comparables au plan international ; ni de données sur les importations et les exportations de R-D) ?*

➤ THÈME 2. Nouvelle compréhension de l'évolution de la nature de la science et de l'innovation et de ses répercussions

Problématique : La science et l'innovation deviennent de plus en plus une entreprise collective et sont de plus en plus indissociables. Le caractère multidisciplinaire de la science s'est accentué. L'innovation industrielle a pris de nouvelles formes non technologiques. Une part importante des innovations couronnées de succès est le fait d'organisations mieux gérées. Par exemple, les liens entre les processus opérationnels qu'assurent les technologies de l'information contribuent à améliorer notablement la

productivité des entreprises. De plus en plus souvent, la demande constitue une incitation ou une entrave importante aux activités d'innovation. Le problème est d'arriver à recueillir des mesures sur les formes organisationnelles qui permettent d'intégrer les différentes fonctions opérationnelles, tout au long de la chaîne de la valeur ajoutée, du consommateur final aux fournisseurs. En effet, cette chaîne peut être particulièrement complexe car elle peut englober une multitude d'entreprises ou de divisions de multinationales et s'étendre à l'échelle planétaire.

Q : Disposons-nous de mesures satisfaisantes des activités d'innovation dans le secteur public ? De l'impact de la R-D sur fonds publics ? De la coopération entre acteurs et entre pays pour soutenir la recherche multidisciplinaire ? Existe-t-il une demande d'indicateurs qui rendent compte des nouvelles formes d'innovation (innovation organisationnelle, par exemple) et de leurs liens avec les nouvelles technologies de l'information (méthodes du commerce électronique, par exemple) ? Convient-il de mener des projets qui exploitent de façon comparable les données micro-économiques issues des enquêtes sur l'innovation, en choisissant la même présentation en tableau et la même méthodologie et en s'efforçant de répondre aux mêmes questions sur les liens entre intrants et extrants de l'innovation ?

➤ **THÈME 3. Appropriation de la valeur de la recherche scientifique et de l'innovation**

Problématique : Les lieux de la création et de l'appropriation de la valeur de la recherche et de l'innovation changent. Les entreprises recourent de plus en plus à des sources externes de connaissances plutôt qu'à la recherche interne, et les résultats de la recherche (y compris de la recherche publique) sont de plus en plus souvent commercialisés par l'intermédiaire d'entreprises-rejets et de licences sur des technologies brevetées (OCDE, 2004a). Il est nécessaire d'élaborer des indicateurs qui prennent en compte la valeur de l'innovation et qui permettent de répondre à des questions comme celle de savoir qui s'approprie les bénéfices de ces activités.

Q : On pourrait exploiter les enquêtes sur l'innovation pour élaborer de nouveaux indicateurs sur le degré de protection de l'innovation (assurée par les brevets, les marques déposées, le droit d'auteur, la confidentialité, etc.) et sur les types d'investissements supplémentaires dans la R-D qui sont nécessaires à l'innovation, ou pour mettre au point des indicateurs supplétifs qui rendent compte de la valeur des innovations. Ces pistes de recherche méritent-elles d'être explorées ? Les indicateurs fondés sur les statistiques relatives aux brevets se révèlent-ils utiles pour l'élaboration des politiques ? Faut-il étudier la possibilité d'élaborer d'autres indicateurs comparables au niveau international et fondés sur les systèmes d'enregistrement des droits de propriété intellectuelle, tels que droits d'auteur, dessins industriels et marques déposées ? Ou encore des indicateurs sur les partenariats de recherche public-privé et sur les formes de commercialisation des résultats de la recherche (telles que les entreprises-rejets ou les contrats de licence) ?

➤ **THÈME 4 : Ressources humaines en science et technologie (RHST) et flux des connaissances au niveau mondial**

Problématique : L'analyse de la demande et de l'offre de ressources humaines en science et technologie et de leur inadéquation constitue un exercice complexe qui nécessite une grande variété de données de bonne qualité. Les facteurs démographiques et les systèmes d'enseignement influent sur l'offre à long terme de qualifications scientifiques et technologiques. En filigrane de la question des effectifs apparaît celle du choix des carrières scientifiques ou technologiques, lui-même fonction des perspectives de salaires, des possibilités d'emploi et de la qualité des emplois proposés par rapport à d'autres secteurs. La mise à disposition et l'utilisation de systèmes, formels et informels, d'enseignement et de formation « sur le tas » influent aussi sur le vivier de compétences disponible à tel ou tel moment. La demande de RHST dépendra de la spécialisation industrielle d'un pays, la croissance de secteurs à relativement plus forte intensité de qualifications scientifiques et

technologiques servant de moteur à la demande de ce type de compétences. Elle sera fonction aussi de la diffusion de technologies polyvalentes exigeant des qualifications, comme les nouvelles technologies de l'information, les biotechnologies ou les nanotechnologies, dont l'utilisation est tributaire de la disponibilité de ressources humaines spécialisées. Enfin, elle sera subordonnée à une réorientation massive des dépenses publiques vers des secteurs liés à la S-T tels que défense, aérospatiale, santé, nouvelles technologies, projets scientifiques à grande échelle, ainsi qu'à la réaction du marché du travail dans le domaine de la science et de la technologie face à ces mutations. La mobilité des ressources humaines ajoute encore à la complexité du problème.

Q : *Quelles sont les mesures à effectuer en priorité dans ce domaine ? Faut-il améliorer la disponibilité et la qualité des données sur les chercheurs, notamment leurs caractéristiques démographiques (statistiques ventilées par âge, sexe, statut professionnel, niveau d'études, profession et secteur d'origine au regard de l'emploi ; données relatives aux salaires, au taux de chômage, aux conditions de travail dans les métiers scientifiques et technologiques) ? Pour répondre à ces besoins, faut-il essayer d'adapter des outils existants comme les enquêtes sur la population active ? Faut-il collecter des informations concernant la façon dont les pratiques institutionnelles de soutien de la recherche influent sur l'offre et la demande de jeunes chercheurs, l'impact de la production en équipe sur le déroulement des carrières scientifiques, et les pratiques des laboratoires en matière d'emploi, pour évaluer les effets des initiatives des pouvoirs publics ou d'autres changements exogènes sur le marché du travail dans les domaines scientifiques et technologiques ? Quelles sont les meilleures méthodes pour assurer le suivi de la mobilité des ressources humaines scientifiques et technologiques, tant intersectorielle qu'internationale. Enfin, doit-on mesurer la contribution relative des différentes compétences aux systèmes nationaux d'innovation et comment la mesurer ? Faut-il éventuellement recourir à des indicateurs de la répartition des talents (ou du niveau d'étude, à titre d'indicateur supplétif) par discipline (multidisciplinarité), par profession et à l'intérieur de certains secteurs ?*

➤ **THÈME 5. Constitution d'un capital de savoir scientifique**

Problématique : Le capital de savoir a été décrit comme une forme d'actif incorporel, c'est-à-dire difficile à mesurer. En fait, les études scientifiques, la formation scientifique, les réseaux de connaissances (transferts de connaissances entre chercheurs, et entre universités et industries, partenariats public-privé), ainsi que le développement de pôles d'activités de recherche et d'innovation sont autant d'éléments qui contribuent à la constitution du capital de savoir scientifique national, à l'origine des découvertes scientifiques et de l'innovation. Même s'ils sont difficiles à mettre au point à partir des indicateurs traditionnels de la science, de la technologie et de l'innovation, des indicateurs du savoir scientifique pourraient être élaborés en empruntant à d'autres secteurs et en se servant par exemple des enquêtes sur la culture scientifique, des ouvrages et revues sur le capital social, ou des indicateurs bibliométriques des publications scientifiques.

Q : *Des mesures, comparables au niveau international, de la création et de la diffusion des connaissances scientifiques sont-elles utiles à l'élaboration des politiques ? Existe-t-il dans ce domaine des exemples d'indicateurs utiles pour l'action publique ? Existe-t-il des exemples d'indicateurs et de publications dans d'autres domaines que la science et la technologie dont on pourrait s'inspirer ? Les indicateurs doivent-ils se limiter à mesurer les stocks et les flux de savoir (ou certains éléments de ce capital) ou doivent-ils aussi viser à prendre en compte les impacts socio-économiques du savoir scientifique ?*

➤ **THÈME 6. Domaines multidisciplinaires émergents de la STI : TIC, biotechnologies, nanotechnologies, technologies énergétiques et technologies d'exploitation des ressources naturelles**

Problématique : Dans les années 90, la baisse constante des prix des ordinateurs et la formidable amélioration de leur performance ont abouti à l'omniprésence de l'informatique et des communications, ce qui a permis la convergence des différents systèmes (téléphonie, informatique, radiodiffusion) en un réseau continu, avant tout mobile et omniprésent dans tous les équipements. On commence à peine à prendre la juste mesure des possibilités ainsi offertes. Des progrès similaires pourraient intervenir dans le domaine des biotechnologies : celles-ci trouvent de nombreuses applications non seulement dans les secteurs pharmaceutique et agricole, mais aussi dans nombre de secteurs industriels où les procédés biotechnologiques pourraient remplacer les systèmes de production chimique ou mécanique. Plus récemment, les scientifiques ont introduit les nanotechnologies, le génie à l'échelle de l'atome et de la molécule. Ces technologies pourraient donner naissance à des dispositifs de calcul plus rapides faisant appel aux nanotubes de carbone, à des sondes médicales miniatures, et à de nouveaux types de systèmes d'éclairage et de photopiles, ainsi qu'à des mutations majeures dans le secteur des matériaux et des médicaments. Enfin, il existe des signes d'une percée spectaculaire des technologies énergétiques, ouvrant la voie à des piles à combustibles efficaces, au piégeage du carbone, à de nouvelles approches en matière d'énergie solaire, et à des centrales nucléaires plus sûres.

Q : *De quels indicateurs a-t-on le plus besoin dans ces domaines émergents de la STI ? D'indicateurs sur les applications, les utilisations et les avantages des nouvelles technologies ? De statistiques pour répondre aux besoins spécifiques d'un certain nombre de secteurs sur lesquels les nouvelles technologies sont appelées à avoir un impact notable tels que l'agriculture, la santé, les services et certaines applications industrielles ? De comparaisons à l'échelle internationale des efforts et des résultats dans les domaines phares de la recherche ? D'indicateurs des systèmes de financement ou de la disponibilité du capital-risque ?*

➤ **THÈME 7 : Modification du paysage de la science, de la technologie et de l'innovation : régions, acteurs et enjeux**

Problématique : Même si elles tablent de plus en plus sur les réseaux qui relient acteurs et lieux géographiques, la science et l'innovation ont néanmoins tendance aussi à regrouper leurs activités dans des lieux particuliers ou autour de certaines institutions (par exemple, une université réputée ou le laboratoire de recherche d'une entreprise multinationale). Les limites géographiques et les unités traditionnelles d'analyse ne constituent peut-être pas les meilleurs critères pour analyser la transformation du paysage de la science, de la technologie et de l'innovation.

Q : *Existe-t-il un besoin spécifique d'indicateurs spécialement adaptés à l'évolution de la STI dans les pays en développement, aux régions écartées (comme les régions polaires), aux acteurs micro-économiques (par exemple, des enquêtes spécifiques sur les micro-entreprises). Quels indicateurs peut-on élaborer pour dresser la carte et suivre l'évolution des grappes innovantes ? Dispose-t-on de bonnes données et de bons indicateurs pour examiner le rôle que jouent les principaux acteurs de la création et de la diffusion du savoir tels que les universités, les laboratoires de recherche ou les multinationales ? Faut-il améliorer les données sur la coopération internationale dans le domaine de la STI et sur ses liens avec le développement durable ?*

THÈME 8 : Quels nouveaux indicateurs pour les politiques de l'innovation ?

Problématique : Il n'existe que quelques indicateurs comparables au niveau international permettant de mesurer correctement l'investissement dans l'innovation ou le recours à des mesures spécifiques d'aide à l'innovation. Les indicateurs disponibles se limitent surtout à l'aide à la R-D : montant des investissements publics dans la R-D, et « indice B » de l'OCDE relatif au degré d'incitations fiscales par unité de R-D réalisée par les entreprises privées, par exemple. Très peu nombreux aussi sont les indicateurs portant sur des domaines spécifiques d'intervention publique, comme les divers programmes visant à améliorer la capacité d'innovation des PME. Il faut donc définir des indicateurs de la politique d'innovation et concevoir un cadre logique pour leur élaboration. On a besoin par exemple de nouveaux indicateurs qui mesurent directement les investissements dans les politiques, les types de politiques en vigueur, leur efficacité, ainsi que leurs impacts et leur rentabilité économique. Ces informations contribueraient à affiner les instruments des politiques de l'innovation.

Q : *Quels nouveaux indicateurs aideraient à formuler et à évaluer les politiques d'innovation en des termes comparables à l'échelle internationale ? Des indicateurs de l'aide publique directe dans des domaines autres que la R-D, par exemple en élargissant un indicateur comme l' « indice B » aux mesures de traitement fiscal d'autres investissements en faveur de l'innovation (par exemple, dans le domaine du dessin industriel et du génie des procédés, ou en faveur de la formation des ressources humaines) ? Des indicateurs sur le recours des entreprises ou des institutions publiques à des programmes d'aide à l'innovation ? Des indicateurs sur les objectifs, les résultats ou les coûts pour l'entreprise des partenariats public-privé ? Des indicateurs sur les impacts des politiques d'innovation tels que le nombre d'entreprises-rejetons, le nombre de brevets ou le montant du revenu des licences issus des organismes publics de recherche ? Faut-il mener des recherches sur l'impact des activités d'innovation sur les objectifs des politiques publiques tels que l'amélioration du niveau de vie ou de la qualité de la vie ? Et faut-il élaborer des méthodologies et des indicateurs pour une programmation budgétaire et une évaluation des politiques de la science et de la technologie axées sur les résultats ?*

BIBLIOGRAPHIE

- ALI-YRKKÖ, J., L. PAIJA L, C. REILLY et P. YLÄ-ANTILLA (2000), *Nokia: A Big Company in a Small Country*, ETLA, The Research Institute of the Finnish Economy, Helsinki.
- ARUNDEL, Anthony, Alessandra COLECCHIA et Andrew WYCKOFF (2005), “Rethinking Science and Technology Indicators for Innovation Policy in the Twenty-First Century”, in Earl Louise et Fred Gault (dir.publ.), *National Innovation, Indicators and Policy*, Cheltenham: Edward Elgar. A paraître en 2006.
- BEISE M. (2001), “Lead markets: country specific success factors of the global diffusion of innovations”, ZEW Economy Studies 14, Physical Verlag, Heidelberg.
- ENGARDIO P. et D. ROBERTS (2004), ‘The China Price’, International Business Week, 6 décembre.
- ERICSSON Corp. (2001), *Ericsson Research 2001*.
- EURESCOM (2001), “ICT uses in everyday life”, P903 Newsletter, mai.
- IRI (2000), *R&D Facts 2000*, Washington, DC. Disponible en ligne à l’adresse <http://www.iriinc.org/webiri/publications/R&Dfacts2000.pdf>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2005), *Measuring Research and Development Expenditure in the U.S. Economy*, Washington DC, The National Academies Press.
- OCDE (1990), *Manuel de la balance des paiements technologiques*, Paris.
- OCDE (1994), *Manuel brevet. Les données sur les brevets d’invention et leur utilisation comme indicateurs de la science et de la technologie*, OCDE/GD(94)114, Paris.
- OCDE (1995), *Manuel de Canberra. Manuel sur la mesure des ressources humaines consacrées à la science et à la technologie*, Paris.
- OCDE et EUROSTAT (1997), *Manuel d’Oslo. Principes directeurs proposés par l’OCDE pour le recueil et l’interprétation des données sur l’innovation technologique*, Paris.
- OCDE (2001a), *STI Revue : Numéro spécial : nouveaux indicateurs de la science et de la technologie n° 27*, Paris.
- OCDE (2001b), *Mesurer la productivité – Manuel de l’OCDE : Mesurer la croissance de la productivité par secteur et pour l’ensemble de l’économie*, Paris.
- OCDE (2002), *Manuel de Frascati. Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement*, Paris.
- OCDE (2003a), *Science, Technologie et Industrie : Tableau de bord de l’OCDE*, Paris.

- OCDE (2003b), *Des débouchés commerciaux pour la science – La gestion de la propriété intellectuelle par les organismes publics de recherche*, Paris.
- OCDE (2004a), *Politique de la science et de l'innovation : principaux défis et opportunités*. Document de référence présenté à la Réunion du Comité de la politique scientifique et technologique de l'OCDE au niveau ministériel, 29-30 janvier 2004.
- OCDE (2005), *Mesurer la mondialisation – Manuel de l'OCDE sur les indicateurs de la mondialisation économique*, Paris.
- PORTER, M.E. (1990) "The Competitive Advantage of Nations", The Free Press, New York.
- ROMER, Paul et Luis RIVERA-BATIZ (1991), "Economic integration and endogenous growth", *Quarterly Journal of Economics*, 106:531-555.
- TRIPLETT, Jack (2004), *Handbook of Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products*, Document de travail de la DSTI 9/2004.
- UNIVERSITIES & COLLEGES ADMISSION SERVICES – UCAS (2005), "Electronic activity soars as figures rise", 17 février, <http://www.ucas.ac.uk/new/press/news170205/index.html>.
- VON HIPPEL, Eric (2004), "Democratizing Innovation: the evolving phenomenon of user innovation", document non publié, février.
- YOUNG, Alison (2001), "An assessment of national and international practices for compiling data on health-related research and development". OCDE, *Measuring Expenditure on Health-related R&D*, pp. 11-22, Paris.
- ZYSMAN, John (2004). Creating value in a digital era: how do wealthy nations stay wealthy? Document non publié, octobre.