

Dominique Foray

L'économie de la connaissance

NOUVELLE ÉDITION
ENTIÈREMENT REFORMÉE ET MISE À JOUR



2009

La Découverte

9 bis, rue Abel-Hovelacque
75013 Paris

Table des matières

Introduction	3
L'innovation au cœur de l'économie fondée sur la connaissance	3
La base sectorielle de l'économie fondée sur la connaissance	5
Processus historiques	5
Perturbations institutionnelles	6
I L'originalité de la discipline	
<hr/>	
Le domaine de l'économie de la connaissance	9
Connaissance et information, 9	
Les précurseurs de l'économie de la connaissance, 11	
L'objet de l'économie de la connaissance	12
Les propriétés de la connaissance comme bien économique, 12	
Les difficultés de l'analyse empirique et théorique	15
Des catégories débordées ? 15	
Des phénomènes inobservables et des problèmes de mesure, 16	
La modélisation de l'économie de la connaissance, 19	
II Le développement des économies fondées sur la connaissance	
<hr/>	
Une tendance longue à l'accroissement des investissements de connaissance	21
La croissance de la part du capital intangible, 21	
□ Encadré : La mesure des investissements relatifs à la connaissance, 23	
L'expansion continue des activités intensives en connaissance, 24	

L'avènement des technologies de l'information et de la communication	24
Les TIC comme instrument du savoir, 25	
Les TIC et leur productivité, 27	
La dynamique d'une technologie à objectif général, 28	
L'innovation comme nouvelle règle du jeu	29
□ Encadré : <i>Plus d'innovations aujourd'hui ?</i> 30	
Les changements structurels dans les secteurs intensifs en innovation, 32	
Destruction créatrice et coûts du changement, 33	
La montée des emplois hautement qualifiés	34
De nouvelles compétences dans l'économie de la connaissance ? 35	
□ Encadré : <i>Formation et apprentissage dans l'entreprise, externalités et défauts du marché,</i> 37	
Comment l'économie fondée sur la connaissance s'élargit ?	37
III La production des connaissances	
<hr/>	
La recherche : une activité « à distance »	39
Fonctions et vertus d'une recherche faite « à distance », 40	
L'emprise de la science sur l'innovation, 42	
Apprentissage par la pratique	43
Accumulation d'expériences et apprentissage, 43	
Les conflits entre apprentissage et performance opérationnelle, 44	
L'apprentissage par l'usage, 45	
Une transition importante vers l'économie de la connaissance, 46	
□ Encadré : <i>La croissance des collaborations dans la production des savoirs,</i> 47	
Production de connaissances et performances économiques	48
Les rendements économiques de la recherche, 48	
Production des savoirs et rendements croissants, 49	
De multiples changements dans les modes de production des savoirs	50
IV La reproduction de la connaissance	
<hr/>	
Connaissance tacite et modes de reproduction des savoirs	51
L'élaboration d'un script au cœur de la reproduction, 52	
Des connaissances tacites à la codification	53
Les deux fonctions de la codification, 54	
À la recherche de la singularité de la codification, 55	

Les transformations contemporaines de l'économie de la reproduction de la connaissance	56
V Connaissance : bien public et problème d'appropriation	
<hr/>	
La connaissance : un bien public	57
La connaissance comme bien public : quelle signification ? 58	
Connaissance et croissance	59
Cumulativité et progressivité, 59	
Dissémination des savoirs et domaine public, 60	
L'essor des externalités de savoirs (<i>spillovers</i>), 62	
L'appropriation de la connaissance	62
La recherche de la possession exclusive, 62	
□ Encadré : Nouvelle connaissance, innovation et formation des prix, 63	
Retirer des bénéfices d'une libération de la connaissance, 64	
Les actifs complémentaires, 65	
La solution de Coase appliquée à l'appropriation des savoirs, 65	
L'appropriation de la connaissance perturbée par de nouvelles tendances, 66	
Le dilemme de l'appropriation	67
VI Le développement inégal des secteurs	
<hr/>	
Un retour sur la « maladie de Baumol »	68
Une transition vers l'économie de la connaissance : l'exemple de la médecine, 69	
Conditions structurelles favorables, 70	
Le cas de l'éducation	71
Une question fondamentale	72
VII institutions pour la production et la distribution des savoirs	
<hr/>	
Défaillances du marché et solutions institutionnelles	73
Entre incitation et accès, 74	
Les trois solutions institutionnelles, 74	
Les droits de propriété sur la connaissance	78
Définitions, 79	
Les effets économiques du brevet, 79	
□ Encadré : Brevets, droits d'auteur, marques, 80	
Les tendances actuelles, 81	
La propriété intellectuelle fondée sur des normes, 84	
Le régime de la « connaissance ouverte »	84

Des problèmes aux frontières	86
D'anciens mécanismes « remis à neuf » pour de meilleurs compromis entre accès et incitation	86
Des mécanismes pour régler les problèmes d'accès, 87	
Des mécanismes pour inciter à produire des savoirs dans les domaines non rentables, 88	
Conclusion	88
VIII Stratégies d'entreprise et gestion de la connaissance	
<hr/>	
Routinisation de l'innovation et stratégies d'entreprise	90
Les relations entre université et industrie, 91	
Les relations entre utilisateurs et industrie, 92	
Marchés de la technologie et consortiums de R&D, 93	
La gestion de la connaissance comme capacité organisationnelle	95
L'essor de la gestion de la connaissance dans les entreprises, 95	
La gestion de la connaissance au niveau macroéconomique, 96	
Connaissances expérientielles et connaissances scientifiques, 98	
IX Territoire, développement et politiques de la connaissance	
<hr/>	
Internationalisation et territoires de l'économie de la connaissance	100
La formation des territoires de l'économie de la connaissance, 100	
La marche des pays en voie de développement	103
Cercles vertueux, 104	
Cercles vicieux, 105	
De nouvelles politiques pour l'économie de la connaissance ?	105
Politique du capital humain, 106	
Politique de la recherche et de l'innovation, 106	
Politique de développement, 108	
Crise financière et économie réelle de la connaissance, 108	
Politique de la connaissance, 111	
Repères bibliographiques	112

Introduction

À l'image de l'économie industrielle fondée en France vers 1820, au moment de l'avènement de la grande industrie, l'économie de la connaissance se développe en tant que discipline quand se mettent progressivement en place les économies fondées sur la connaissance.

L'économie fondée sur la connaissance correspond essentiellement, dans chaque pays, au secteur d'activités de production et de service fondées sur des *activités intensives en connaissance*. Celles-ci sont habituellement repérées en combinant des indicateurs portant sur la production et la gestion des savoirs, tels que les dépenses de recherche et développement (R&D), le taux d'emploi des travailleurs diplômés et l'intensité de l'utilisation des nouvelles technologies de l'information.

Les activités intensives en connaissance se développent historiquement au sein des secteurs spécialisés dans le traitement de l'information, tels que ceux-ci sont repérés notamment par Machlup [1962]* (chapitre 1). Mais elles apparaissent aussi dans d'autres secteurs de production et de service. En proliférant, elles marquent l'avènement de l'économie fondée sur la connaissance.

L'innovation au cœur de l'économie fondée sur la connaissance

La formation d'activités intensives en connaissance dans tel ou tel secteur ne doit rien au hasard ; elle est essentiellement dictée par les impératifs de l'innovation. Il s'agit de répondre à la double

* Les références entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'ouvrage.

nécessité d'engendrer un rythme rapide d'innovations technologiques en vue d'offrir de façon continue des produits et des services nouveaux à l'échelle globale et de surmonter les vagues violentes d'obsolescence des savoirs et des technologies [Powell et Snellman, 2004]. Un élément central des économies fondées sur la connaissance est donc l'innovation qui s'est substituée au prix comme règle du jeu fondamentale [Baumol, 2002].

Une base technologique propice à la recherche systématique d'innovations, certaines conditions de la concurrence (oligopolistiques et globales), des institutions adéquates sont les principaux facteurs qui placent l'innovation au centre du jeu économique dans un nombre grandissant de secteurs d'activité. Cette tendance implique un rôle éminent des capacités intellectuelles — capacité à produire et à mobiliser des savoirs de toute nature et capacités d'apprentissage — par rapport aux ressources naturelles et aux facteurs physiques dans la détermination des performances économiques. Un autre aspect, également lié à l'innovation, est celui de l'intégration toujours plus étroite de toutes les étapes des processus de production, depuis le projet de R&D jusqu'à la production du bien ou du service et la relation avec le consommateur ; lequel est lui-même plus fortement impliqué dans la conception du produit.

L'accélération du rythme de création de la connaissance, qui concerne notamment (mais pas seulement) les domaines de la science, de la technologie et de l'ingénierie, est sans aucun doute la manifestation principale du développement de ces économies fondées sur la connaissance. Mais un autre phénomène mérite d'être observé ; il s'agit de l'accroissement de la dispersion et de la décentralisation des activités de recherche et d'innovation. De nouvelles catégories d'agents sont impliquées en tant qu'experts de leur propre situation (utilisateur d'une technologie, usager, patient, citoyen), déterminant la formation de communautés de pratiques qui viennent compléter voire rivaliser avec les laboratoires et les organisations spécifiquement dédiées à la production des savoirs [von Hippel, 2007 ; Callon *et al.*, 2001].

Les activités intensives en connaissance s'étendent aussi aux emplois dont l'objet principal est de produire, traiter et utiliser des « preuves » (au sens anglo-saxon d'*evidence*, comme dans le cas de l'*evidence-based medicine*, analysée dans le chapitre VI). La production et l'usage de preuves reposent sur les mêmes contraintes que celles que détermine la mise en œuvre d'innovations répétées (notamment les contraintes de capacités d'apprentissage et de capacités intellectuelles) et jouent le même rôle que l'innovation

dans l'augmentation de la productivité et de la qualité des services concernés.

La base sectorielle de l'économie fondée sur la connaissance

L'économie fondée sur la connaissance se repère principalement au niveau des secteurs d'activité. Les secteurs qui ont exercé un puissant effet d'entraînement depuis quelques décennies en poussant vers le haut le taux de croissance moyen de l'économie tout entière sont des secteurs caractérisés par une certaine centralité de la science et de la technologie (pharmacie et instrumentation médicale, technologie de l'information et de la communication, aéronautique, nouveaux matériaux). La science et la technologie jouent donc un rôle important dans l'économie fondée sur la connaissance. Mais ceci vaut aussi pour les secteurs traditionnels qui se transforment jusqu'à devenir à un certain moment intensifs en connaissance. L'entrée d'un secteur traditionnel dans l'économie de la connaissance peut être fondée sur une certaine « évidence » du progrès technique et sur les changements organisationnels qui y sont associés, une intensification de la concurrence, une transformation des institutions.

Si la base sectorielle de l'économie de la connaissance est donc claire, celle-ci se développe aussi par rapport à des territoires ; non pas des territoires spécialement bien dotés en telle ou telle ressource naturelle mais des territoires qui ont su enclencher à leur profit une dynamique d'agglomération des ressources caractéristiques de cette économie. Ces ressources (les personnels hautement qualifiés, les laboratoires de R&D et les services à l'innovation) sont mobiles et fluides. Elles se déplacent mais pas au hasard. Elles tendent à s'agglomérer entre elles pour profiter de très forts effets externes que leur agglomération peut enclencher.

Processus historiques

On ne peut parler de basculement brutal vers l'économie fondée sur la connaissance mais plutôt d'une évolution lente et progressive. Les économies fondées sur la connaissance se constituent historiquement à partir d'un double phénomène : d'une part, une tendance longue, relative à l'augmentation des ressources consacrées à la production et à la transmission des connaissances

(éducation, formation, R&D, information et coordination économique) et, d'autre part, un événement technologique majeur (l'avènement des nouvelles technologies de l'information et de la communication — NTIC). La rencontre entre ces deux phénomènes se produit principalement dans les secteurs orientés vers l'innovation. Elle y engendre une économie unique, centrée sur la production de nouveaux savoirs et caractérisée par une baisse significative des coûts de codification, transmission et reproduction des connaissances ainsi que de ceux du travail collaboratif de recherche et d'innovation. Ceci se traduit par une augmentation puissante des externalités potentielles de savoir et d'information et facilite la mise en place d'organisations où les activités de création de connaissance et les activités d'absorption des savoirs « externes » se nourrissent mutuellement.

Notons qu'une part significative des emplois créés depuis les années 1980 sont fondamentalement différents de ceux qui ont disparu durant la même période. L'économie de la connaissance se caractérise par un accroissement de la proportion de travailleurs hautement qualifiés. Les données sur les rendements de l'éducation suggèrent l'existence d'une grande différence entre les personnes ayant accompli un cursus universitaire et les autres. Les différences à cet égard se sont accrues durant la période 1975-1999.

Toutes ces évolutions se reflètent, au niveau macroéconomique, dans l'accroissement historique de la part relative du produit intérieur brut qui est attribuée au capital intangible [Abramovitz et David, 2001].

Perturbations institutionnelles

Cette économie perturbe profondément les institutions qui ont été mises en place au cours des siècles précédents pour tenter de régler les problèmes de contrôle et d'accès dans le domaine des savoirs, ainsi que celles qui ont pour tâche d'organiser la production, l'apprentissage, le stockage et la réutilisation des savoirs, des informations et des données.

Ce sont ces perturbations de l'ordre institutionnel précédent (par exemple la propriété intellectuelle ou encore l'infrastructure formée par les bibliothèques, les archives et les musées) qui rendent nécessaire le développement de l'économie de la connaissance en tant que discipline ; laquelle consiste essentiellement en l'analyse des institutions et des organisations qui permettent une production et une utilisation efficaces des connaissances et des

savoirs [Navaretti *et al.*, 1998]. Du fait des propriétés particulières de la connaissance en tant que bien économique, la question de l'allocation des ressources pose des problèmes spécifiques que l'économie de la connaissance se donne pour objet de traiter.

Cet ouvrage porte donc sur une double nouveauté : une nouveauté scientifique qui correspond au développement d'une sous-discipline économique originale dont l'objet de recherche — la connaissance — pose des problèmes originaux tant théoriques qu'empiriques (notamment sur la mesure de la connaissance) ; une nouveauté historique, qui suggère l'avènement d'une période particulière sur le plan des caractéristiques de la croissance et de l'organisation des activités économiques. C'est autour de la dualité de l'économie de la connaissance — comme discipline et comme période historique — que cet ouvrage est organisé.

L'organisation du volume est fondée sur un va-et-vient entre l'analyse de l'évolution des sociétés développées vers l'économie fondée sur la connaissance et l'examen des concepts et des outils du domaine théorique et empirique.

Le chapitre I s'efforce de saisir l'originalité et les difficultés de la discipline. Le chapitre II est consacré au développement historique des économies fondées sur la connaissance — la tendance longue relative à l'accroissement des ressources consacrées à la production et à la transmission des connaissances, le choc technologique représenté par l'avènement progressif des TIC, ainsi que la montée de l'« impératif de l'innovation ». Les deux chapitres suivants (III et IV) sont consacrés aux deux étapes essentielles de production des savoirs : la production proprement dite ; la reproduction (qui passe notamment par la codification des connaissances). Le chapitre V présente l'analyse de la connaissance en tant que bien public, explore les vertus de cette propriété et propose une étude des différents mécanismes d'appropriation du savoir. Le chapitre VI combine certains éléments des trois chapitres précédents pour proposer une analyse de l'évolution inégale des secteurs sur le plan des modes de production et utilisation des savoirs. Le chapitre VII analyse les principales institutions qui règlent les problèmes d'accès et de contrôle, compte tenu de l'analyse de la connaissance en tant que bien public. Le chapitre VIII décrit les stratégies des firmes dans l'économie du savoir, en relation notamment avec les universités et les utilisateurs, et aborde la question de la gestion de la connaissance comme capacité organisationnelle, tant au niveau microéconomique qu'au niveau de l'économie tout entière. Le chapitre IX pose enfin la question de la territorialisation de l'économie fondée sur la connaissance, de son élargissement

géographique (y compris vers les pays émergents) et des politiques publiques correspondantes.

Certains pourraient penser que la notion d'économie de la connaissance vaut surtout par son utilisation dans le discours managérial comme projet mobilisateur et élément de l'« esprit du capitalisme » de notre époque (pour reprendre l'analyse de Boltanski et Chiapello [1999]) : le projet d'économie de la connaissance répond en effet assez bien aux questions auxquelles le capitalisme doit répondre à chaque époque historique pour apaiser l'inquiétude de ceux (les cadres) qu'il mobilise intensivement. Mais, au-delà du discours managérial, l'économiste sait que la notion d'économie de la connaissance repose sur des évolutions relativement claires quant à l'accroissement de l'importance de l'activité d'innovation (mesurée en termes de dépenses de R&D ou de nombre de brevets d'invention), l'accroissement des dépenses relatives à l'éducation et à la formation, l'intensification des relations entre la science et l'industrie, l'augmentation des transactions sur les « marchés du savoir » et une croissance économique dont les déterminants ressortissent de plus en plus au domaine du capital intangible. Il s'agit bien de transformations structurelles possédant une logique qui est celle de l'expansion des secteurs et des activités fondés sur la connaissance [Foray, 2004].

I / L'originalité de la discipline

L'économie de la connaissance en tant que discipline ne doit pas se confondre avec l'économie de la recherche car elle ne traite pas centralement des activités formelles de production de la connaissance technologique ; on ne doit pas l'assimiler non plus à l'économie de l'innovation car son propos n'est pas centré exclusivement sur l'étude des conditions, modalités et effets du changement technique et organisationnel. Son objet est la connaissance en tant que bien économique et son domaine d'analyse est celui de la conception et la comparaison des institutions sur lesquelles la société s'appuiera pour créer et exploiter la connaissance de façon efficiente.

Le domaine de l'économie de la connaissance

Le domaine de l'économie de la connaissance dépend étroitement de la conception que l'on a des notions de connaissance et d'information. Lorsque ces deux notions ne sont pas distinguées, le domaine de la discipline est très grand puisqu'il recouvrira notamment l'analyse économique des choix et des anticipations dans les situations d'information incertaine et incomplète. Quand les deux notions sont séparées, le domaine de l'économie de la connaissance se rétrécit considérablement. Il est donc important de s'arrêter sur ce qui nous conduira à distinguer ces deux notions.

Connaissance et information

L'analyse économique a longtemps assimilé connaissance et information. Partant de cette assimilation, l'analyse économique adopte une approche particulière pour traiter de la « connaissance-information » : l'univers peut être décrit par un ensemble fini

(mais très grand) d'états auxquels on peut assigner des probabilités [Laffont, 1989]. La connaissance est améliorée lorsqu'on obtient une meilleure estimation de la probabilité de tel ou tel état. La connaissance peut donc être exprimée par un vecteur de probabilité relatif à un ensemble prédéfini d'états. Cette approche, qui a engendré un programme de recherche très fructueux, a cependant le défaut d'ignorer ce que pourrait apporter la distinction entre connaissance et information à notre compréhension de nombreux problèmes passés et présents.

Selon notre conception, la connaissance possède quelque chose de plus que l'information ; elle donne à celui qui la détient une capacité d'action intellectuelle ou physique ; qu'il s'agisse d'actions permettant de modifier le monde qui nous entoure (du savoir jardiner au savoir construire un pont et au savoir élaborer une stratégie) ou d'actions permettant de produire de nouvelles connaissances et informations (recherche et création intellectuelle). La connaissance est ce qui donne à l'homme des capacités cognitives. L'information, au contraire, reste un ensemble de données, certes formatées et structurées mais inertes et inactives, ne pouvant par elles-mêmes conférer une capacité d'action à celui qui la détient.

La signification de cette distinction apparaît clairement lorsqu'on s'intéresse aux conditions de reproduction des connaissances et des informations. Tandis que le coût de la reproduction d'une information est celui de sa duplication — un coût qui est désormais presque nul grâce aux nouvelles technologies de l'information —, celui de la reproduction d'une connaissance est bien plus élevé puisque c'est le transfert d'une capacité cognitive qu'il s'agit d'assurer. Pour être reproduite, la connaissance doit d'abord être explicitée puis enseignée. Ce n'est donc pas la photocopieuse qui constituera l'instrument principal de la reproduction comme dans le cas de l'information mais bien la relation entre le maître et l'élève ou encore la communauté de pratiques — des formes d'association humaine nécessitant des investissements bien plus élevés que celui qui suffit à l'achat de la machine à photocopier !

Cependant, une connaissance peut être codifiée ; c'est-à-dire réduite et convertie en un ensemble d'instructions (par exemple écrites) qui rendra plus aisés sa transmission et son stockage. La codification de la connaissance qui sera traitée au cours du chapitre iv crée un bien ambivalent. Ce bien possède certaines propriétés de l'information (bien public) mais sa reproduction en

tant que connaissance nécessite la mobilisation de ressources cognitives.

En assimilant connaissance et information, la science économique, discipline souvent impérialiste par rapport aux autres sciences sociales, a de façon surprenante abandonné un énorme territoire aux autres disciplines ; celui correspondant aux thèmes d'apprentissage, de cognition et de création intellectuelle, qui apparaîtront pourtant comme centraux dans notre analyse des économies fondées sur la connaissance ¹.

Les précurseurs de l'économie de la connaissance

Les premiers grands auteurs modernes d'une économie générale des connaissances sont sans doute Simon, Hayek et Machlup. Cependant, leur définition de l'objet de cette discipline repose invariablement sur une certaine indifférenciation des deux notions de connaissance et d'information. Pour tous ces auteurs, le champ de l'économie de la connaissance est donc très étendu mais, dans la plupart des cas, c'est bien d'économie de l'information qu'il s'agit — l'« acquisition de connaissance » n'étant qu'un cas particulier relativement mineur. Stiglitz [2002] constitue la figure récente la plus connue de cette économie de l'information. Machlup [1984] reste à cet égard une éminente exception pour la place qu'il accorde dans son œuvre aux problèmes de recherche, d'éducation, de propriété intellectuelle, etc. [Godin, 2007a].

Une conception plus restrictive de l'économie de la connaissance est celle qui s'intéresse plus particulièrement aux mécanismes et aux institutions dédiés à la production et à la dissémination des savoirs. Au sein de cette conception plus étroite, une place de choix sera réservée aux précurseurs de l'économie de la R&D — Arrow [1962a] et Nelson [1959] — qui ont les premiers appliqué les outils de l'analyse économique moderne à un problème spécifique de l'économie de la connaissance, celui de l'allocation des ressources à l'activité formelle de production des savoirs scientifiques et technologiques. Il convient d'ailleurs de donner aux travaux de Arrow une place éminente dans la constitution de la discipline puisque c'est au cours de la même année qu'il publie deux articles [Arrow, 1962a et 1962b] qui portent respectivement sur les deux modes économiques essentiels de production des savoirs : la R&D et l'apprentissage par la

1. Précisons aussi que, dans la suite de cet ouvrage, les termes « connaissance » et « savoir » seront employés indifféremment.

pratique (chapitre III). Ainsi, dès les années 1960, l'économie du savoir au sens étroit englobe non seulement les modes formels de production et d'acquisition des connaissances correspondant aux grandes institutions de l'éducation et de la recherche mais aussi le vaste domaine des processus d'apprentissage qui décrivent les situations où les savoirs sont produits et mobilisés dans le cadre des activités « régulières » de production et d'usage des biens et des services.

► Du fait de la distinction entre connaissance et information que nous souhaitons maintenir, nous proposons de nous intéresser de manière primordiale à la connaissance au sens strict (ce qui confère à l'homme une capacité d'action) et de laisser de côté les domaines de l'économie de l'information et des théories de la décision. Par conséquent, nous retenons une conception étroite de l'économie de la connaissance ; mais le champ que nous souhaitons explorer — de la recherche aux processus d'apprentissage, des externalités de savoir aux problèmes de coordination des activités d'innovation, de la connaissance codifiée aux savoirs tacites — est en fait immense et composé de nombreux territoires qui restent peu explorés.

L'objet de l'économie de la connaissance

Notre point de départ est l'analyse des propriétés particulières de la connaissance en tant que bien économique. On procède ensuite à l'analyse normative des mécanismes d'allocation de ressource dans le domaine de la production et de la distribution du savoir, et plus généralement des institutions socioéconomiques qui permettront la production et l'utilisation efficaces des connaissances.

Les propriétés de la connaissance comme bien économique

Ces propriétés seront examinées tout au long de notre ouvrage. Pour l'instant, il est suffisant d'observer que la connaissance est un bien difficilement contrôlable et appropriable par l'entité qui le produit [Mansfield, 1995]. En outre, la connaissance est un bien non rival dans l'usage [Romer, 1993]. Contrairement à un sandwich ou à une paire de chaussures, l'usage ne détruit pas la connaissance. Celle-ci peut être utilisée un grand nombre de fois soit successivement par la même personne, soit simultanément par un très grand nombre d'utilisateurs, sans que sa substance ne soit

altérée. Il n'y a pas de coût additionnel car son usage par un agent supplémentaire n'implique pas la production d'une copie additionnelle. Cette caractéristique est une forme de non-convexité ou forme extrême de coût marginal décroissant quand l'échelle d'usage augmente. La combinaison des deux propriétés mentionnées définit ce que l'économiste appelle un bien public pur et va donc poser un problème d'« utilisation optimale » — comment concilier un usage sans limite avec la nécessité de doter ceux qui produisent le savoir de moyens pour en contrôler la circulation ? Ce problème renvoie à la nature et à l'architecture des institutions socioéconomiques qui ont pour fonction de produire et allouer la connaissance d'une manière efficiente. Si le marché peut être utilisé grâce notamment à la constitution d'une propriété intellectuelle, ce n'est pas nécessairement dans ce cas la meilleure méthode d'allocation. Voilà un premier (très vaste) objet de l'économie de la connaissance.

En dépit d'un fort mouvement de privatisation des connaissances nouvelles, notamment celles qui sont directement associées à l'innovation (chapitre VII), la plupart des savoirs font partie d'un bien commun. On peut y accéder librement pour les utiliser sans mesure. Or ce bien commun de connaissances n'est pas sujet au problème classique de la tragédie des communs ; phénomène qui décrit le cas de ressources naturelles (faune, flore, minerai, énergie non renouvelable, territoires) menacées d'épuisement, de destruction ou de congestion en l'absence de règles d'accès et d'exploitation. La connaissance n'est pas menacée d'épuisement par un usage excessif. Au contraire elle est enrichie et sa qualité augmente quand s'accroît le nombre d'ingénieurs, de scientifiques ou de praticiens qui l'utilisent. Certes, la sagesse populaire affirme que « les bonnes clôtures font les bons voisins » ! Quand deux agriculteurs possèdent des champs adjacents ou quand des chercheurs d'or explorent leurs concessions voisines, il faut de bonnes clôtures pour garantir la bonne entente. Les bonnes clôtures font probablement de bons voisins lorsque la ressource en question est de la terre ou toute autre sorte de ressource épuisable. Mais la connaissance ne relève pas de cette catégorie. Elle n'est pas comme le fourrage, épuisé par une surconsommation [David, 2002]. La gestion du stock des savoirs communs n'a donc rien à voir avec celle des biens communs épuisables et non renouvelables. Elle requiert des modes de régulation sociale, orientés par exemple vers la maximisation de l'accès, tout à fait différents. C'est un deuxième objet de l'économie de la connaissance.

Mais les bénéfices sociaux que l'on peut espérer de l'exploitation pleine et entière du stock des savoirs communs ne sont pas automatiques ni même évidents à réaliser. La connaissance peut être faiblement persistante (on l'oublie, on la perd, elle se déprécie), sa version originelle est souvent locale et sa généralisation est difficile, elle est souvent tacite et donc reste peu visible et se transfère mal, elle est enfin divisée et dispersée [Machlup, 1984] et se présente donc sous une forme fragmentée. Ainsi des capacités de mémorisation, intégration, codification et généralisation sont nécessaires pour accroître le rendement social marginal d'une activité de production des savoirs ; c'est-à-dire pour faciliter l'inclusion d'un nouvel élément dans le stock de savoirs communs et pour gérer, maintenir et développer celui-ci. Voilà un autre objet de l'économie de la connaissance.

À cet égard, les problèmes de dépréciation et d'obsolescence forment un objet spécifique, tant ils sont particuliers par rapport à ceux que l'économiste est habile à traiter par exemple dans le domaine des biens d'équipement. La connaissance obsolescente n'est pas nécessairement « évacuée » car les coûts de stockage sont très faibles et sa conservation n'impose pas de coûts d'opportunité (au contraire d'une vieille machine qui prend de la place dans l'atelier et doit être éliminée). Mais même si elle peut être stockée, une connaissance obsolescente est plus difficile à retrouver et à utiliser. Les décisions concernant l'allocation de ressources pour résoudre ces problèmes deviennent cruciales à mesure que le taux d'obsolescence des savoirs augmente et que le risque de « désinvention » (l'oubli de ce que l'on savait faire) s'accroît.

L'objet général de cette discipline est donc l'analyse des institutions, des technologies et des régulations sociales qui vont faciliter la production et la distribution efficaces des savoirs et des connaissances. Étant donné les propriétés particulières de ce bien, la plupart des mécanismes classiques d'allocation de ressources ne fonctionneront pas efficacement. Dans cette perspective, la principale préoccupation des économistes est la conception d'institutions qui seraient à la fois susceptibles de permettre aux agents économiques de s'approprier une part significative des bénéfices de leur travail de création (intellectuelle ou pratique) tout en maximisant l'accès aux savoirs nouveaux. Or ces deux objectifs sont dans une certaine mesure contradictoires, si bien que les « designs » institutionnels sont difficiles à élaborer. En outre, la possibilité d'identifier des solutions au double problème d'accès et de contrôle variera grandement en fonction de la nature fonctionnelle de la connaissance [Machlup, 1984 ; Hirshleifer, 1971] :

- celle-ci peut être assimilée à un capital de consommation ;
- elle peut constituer un capital productif (car elle est un input pour produire de nouveaux savoirs et pour innover) ;
- elle représente un élément d'information stratégique (l'agent qui la détient anticipe des changements dans les structures de prix et spéculé sur tel ou tel facteur).

Les difficultés de l'analyse empirique et théorique

Des catégories débordées ?

Pour appréhender la connaissance, les économistes ont construit un « monde confortable », dans lequel seuls certains agents, certaines institutions et certains secteurs sont spécialisés dans la production des savoirs. Les laboratoires de R&D au niveau des firmes et les « industries de connaissance » au niveau de l'économie représentent les catégories principales d'un monde qui exclut donc une part considérable d'activités et d'agents ; lesquels ne sont pas considérés comme parties prenantes de l'économie de la connaissance.

Au plan de l'entreprise, l'économiste a réduit la production de la connaissance à la fonction de R&D, définie comme l'activité spécifiquement dédiée à l'invention et à l'innovation. Cette représentation a un grand mérite. Elle a suscité un programme gigantesque de collecte de données au niveau international et de mesures statistiques. Mais chacun est conscient que l'analyse de la R&D ne permet de saisir qu'une faible part des activités d'innovation et de production des savoirs.

De la même façon, l'économiste a délimité, au sein de l'économie, un certain nombre de secteurs, spécifiquement dédiés à la production et à la manipulation de la connaissance et de l'information. Machlup [1962] par exemple étudie l'importance de l'économie de la connaissance, repérée par un secteur spécialisé composé des activités de communication, éducation et médias, informatique, services informationnels et autres. Ce cadre d'analyse statistique a suscité de nombreuses enquêtes, notamment menées par l'OCDE. En dépit d'importantes variations méthodologiques, toutes ces études respectent la même logique fondamentale qui est de définir un secteur spécialisé, en charge des activités de production et de traitement de l'information [Godin, 2007b].

On a donc produit des représentations qui permettent de traiter les problèmes d'indicateurs et de quantification sur la base de catégories stables et d'instruments de mesure bien maîtrisés. Mais le prix à payer est cher : les représentations ainsi élaborées manquent une bonne part des économies fondées sur la connaissance.

De la R&D aux processus d'apprentissage. — En effet, on ne peut imputer toute la connaissance produite dans l'entreprise à l'activité formelle de recherche. On sait tout d'abord que les activités de conception — par lesquelles les concepts et les plans d'architecture des produits et des systèmes sont établis — constituent un lieu important de production autonome (non subordonnée à la R&D) des savoirs [Kline et Rosenberg, 1986]. Ensuite, il est évident que n'importe quelle activité de production ou d'utilisation d'un bien ou d'un service peut donner lieu à un apprentissage et donc à la production de nouvelles connaissances pratiques. Dans de nombreux cas, la connaissance est un produit joint ou un produit dérivé d'une activité régulière de production (chapitre III). La mesure de la production des savoirs limitée à la R&D manque donc une part significative des connaissances produites par l'entreprise.

Des secteurs spécialisés à l'économie tout entière. — Rompant avec l'approche de Machlup, Eliasson [1990] considère que les activités de production de connaissance et de traitement de l'information sont localisées dans toutes les activités économiques, y compris dans les secteurs à faible intensité technologique. En d'autres termes, l'avènement de l'économie fondée sur la connaissance résulterait moins de l'expansion du secteur spécialisé que de la multiplication, dans tous les secteurs de l'économie, d'activités intensives en connaissance.

Des phénomènes inobservables et des problèmes de mesure

Cependant, les catégories traditionnelles — la R&D au niveau de l'entreprise et les secteurs spécialisés au niveau de l'économie nationale — ont un grand avantage : celui d'offrir une possibilité de mesure, en permettant le repérage d'activités intensives en connaissance. C'est une bonne justification car la plupart des phénomènes relatifs à la connaissance sont très difficilement observables. Au-delà de la question essentielle de la définition de la connaissance (ci-dessus), les principaux problèmes de mesure sont les suivants [Gault, 2006] :

1) la connaissance est largement non observable, notamment lorsqu'elle est tacite (chapitre iv). La caractéristique essentielle d'une connaissance tacite est qu'elle est incorporée dans l'individu, non détachable et donc non observable en tant que telle. Elle est souvent invisible même pour celui qui la détient et l'actionne. Cette connaissance n'apparaît que quand elle est explicitée et codifiée. Mais de nombreuses connaissances ne seront jamais codifiées tandis que de nouvelles connaissances tacites sont engendrées en permanence, si bien qu'un immense continent de savoirs reste perpétuellement invisible ;

2) il n'y a pas de modèle stable qui permettrait de convertir des inputs (pour la création du savoir) en outputs (effets économiques). Il n'y a pas de formule stable telle que celle qui relie, toutes choses égales par ailleurs, un accroissement de production d'acier à l'accroissement de la production d'automobiles. La connaissance, contrairement aux biens d'équipement classiques, n'a pas de capacité fixe en termes d'impact d'une quantité additionnelle sur l'économie. L'impact d'un nouveau savoir dépend primordialement des facteurs tels que l'esprit d'entreprise, l'état de la concurrence ou l'organisation sociale qui prévalent à un moment donné dans une société donnée. La stagnation économique de la Chine à partir du xiv^e siècle, en dépit de grandes inventions qui y sont produites, illustre bien cette absence de « formule stable » [Quah, 1999]. Pour résumer, nous ne disposons pas d'une fonction de production qui pourrait être utilisée pour prédire, même approximativement, l'effet qu'une unité de connaissance supplémentaire aura sur l'économie ;

3) la mesure du stock, qui est déjà très difficile dans le cas d'un bien de capital physique, devient presque impossible dans le cas de la connaissance. a) Comment la composition de ce stock pourrait-elle être définie ? Que devrions-nous retenir ou rejeter dans le vaste domaine comprenant les savoirs intellectuels, pratiques et spirituels : les savoirs dont la valeur est « perpétuelle » et significative ; ceux qui sont importants pour le plus grand nombre, ceux dont la valeur est très grande pour quelques-uns ? b) La mesure du stock de connaissance propre à une société entière (ou à un groupe social) pose également des problèmes importants d'additivité, que l'on ne rencontre pas dans l'économie des biens tangibles. Ces problèmes proviennent de la propriété de non-rivalité dans l'usage que nous avons déjà évoquée. c) En outre la mesure d'un stock de connaissance doit-elle porter sur les éléments de savoir eux-mêmes ou bien plutôt sur la quantité de personnes capables de les utiliser ?

Si la connaissance en tant que telle reste difficilement observable et mesurable, pourquoi ne pas mesurer les transactions portant sur cette connaissance (une approche communément admise pour les secteurs dans lesquels il n'y a pas d'unité d'output clairement définie) ? Hélas, nos institutions de marché sont confrontées à des problèmes difficiles quand il s'agit de fixer un prix sur une connaissance :

- le vendeur, en cédant une connaissance, n'y renonce pas lui-même ; la connaissance lui est définitivement acquise une fois que celle-ci est entrée en sa possession ;

- l'acheteur n'a pas besoin d'acheter plusieurs fois une même connaissance, même s'il compte l'utiliser plusieurs fois (non-rivalité dans l'usage) ;

- l'acheteur ne peut réellement évaluer la connaissance qu'il pourrait acquérir sans l'acquérir effectivement.

Pour ces raisons, le prix variera énormément d'une transaction à une autre. Enfin, une part énorme des connaissances ne fait pas l'objet de transactions monétaires. Ces connaissances sont accumulées dans les firmes, d'autres organisations, des communautés de pratiques, sans qu'aucune valeur marchande ne leur soit assignée.

Tandis que les tentatives initiales de quantification de l'économie de la connaissance résultaient de travaux en comptabilité nationale et en comptabilité de la croissance, la stratégie de mesure qui semble aujourd'hui la plus riche et la plus raisonnable est celle qui consiste à multiplier les indicateurs permettant d'éclairer tel ou tel élément des systèmes de production et d'utilisation des connaissances [Jaffe, 1999 ; OCDE, 2007a ; Foray, 2007]. Les indicateurs sont des éléments observables, dont on considère qu'ils entretiennent une relation avec le concept visé. Ces indicateurs sont soit des approximations qui mesurent le concept visé avec une certaine marge d'erreur (par exemple brevet pour innovation ou dépenses de R&D pour activités consacrées à la production de la connaissance), soit des variables économiques dont on pense qu'elles sont corrélées avec le concept examiné (par exemple productivité pour innovation). Cependant, ainsi que Carter [1996] l'exprime très bien, ces indicateurs n'éclairent que la partie émergée de l'iceberg. C'est pourquoi les utiliser et les interpréter suppose toujours de la part de l'économiste une certaine dose de foi !

La modélisation de l'économie de la connaissance

Les modèles de croissance endogène ont permis d'avancer considérablement dans la modélisation de certains phénomènes caractéristiques des économies fondées sur la connaissance [Aghion et Howitt, 1998]. Le projet général de ces modèles est d'endogénéiser les sources « proches » de la croissance de la productivité du travail ; ce qui inclut notamment la croissance de la connaissance et oblige à se libérer de la contrainte des rendements marginaux décroissants associés à la formation du capital. Les investissements de R&D et les capacités d'appropriation privée des bénéfices qui en résultent sont au cœur de ces représentations. La modélisation de marchés non parfaitement concurrentiels permet d'obtenir un équilibre de marché sous des hypothèses de rendements croissants (associés à la production de connaissance, voir chapitre III). Ces modèles captent aussi les phénomènes de destruction créatrice (la dépréciation des technologies anciennes) ainsi que les externalités de recherche et d'éducation. Enfin, dans la plupart de ces modèles, le taux d'investissement dans les nouvelles installations affecte la régularité du taux de croissance. Ainsi, le renouvellement théorique est considérable et permet une meilleure prise en compte du rôle et des caractéristiques du savoir dans l'explication de la croissance économique. Cependant, de nombreux autres défis théoriques apparaissent et font encore obstacle à la conception de modèles encore plus satisfaisants [Abramowitz, 1989 ; Nelson, 2005 ; Stiglitz, 1994]. Les travaux les plus récents dans ce domaine [Aghion et Howitt, 2005] montrent que de nombreuses nouvelles avancées sont à portée de main.

II / Le développement des économies fondées sur la connaissance

Avec la notion d'économie fondée sur la connaissance, certains veulent suggérer l'idée d'une rupture dans les processus de croissance et les modes d'organisation de l'économie. Cette idée peut rencontrer un certain scepticisme. En effet, la connaissance a toujours été au cœur du développement économique et le très bel ouvrage intitulé *Lieux de savoir* [Jacob, 2007] témoigne de cette omniprésence du savoir et de la connaissance à tous les moments de l'histoire humaine. De plus, on doit noter une absence de changements majeurs dans le fonctionnement macroéconomique, contrairement à ce que prédisaient les prophètes de la nouvelle économie.

Le rôle de l'expression « économie fondée sur la connaissance » est donc d'exprimer un changement progressif et lent plutôt qu'une discontinuité brutale [David et Foray, 2002].

Nous suggérons dans ce chapitre que l'avènement de l'économie fondée sur la connaissance a été préparé par l'augmentation lente mais ininterrompue depuis plus d'un siècle des ressources que les sociétés développées allouent *aux investissements de connaissance et plus généralement au capital intangible*. Cet avènement a ensuite été précipité par un choc technologique majeur — *l'ordinateur puis les réseaux électroniques* — et s'est cristallisé dans un certain nombre de secteurs où *l'impératif de l'innovation* a déterminé l'expansion d'activités intensives en connaissance, dont le périmètre délimite ce que nous considérons être l'économie de la connaissance aujourd'hui.

Une tendance longue à l'accroissement des investissements de connaissance

La croissance de la part du capital intangible

Une première caractéristique de la croissance économique qui est devenue de plus en plus évidente au cours du xx^e siècle correspond à l'accroissement de la part relative du PIB que l'on peut attribuer au capital intangible [Abramovitz et David, 2001]. Le capital intangible est souvent décomposé selon deux catégories : d'une part, les investissements qui portent sur les capacités de production et de transfert des savoirs (éducation, formation, R&D) ; d'autre part, ceux qui sont destinés à améliorer l'état physique du capital humain (santé). Aux États-Unis, la valeur du stock de capital intangible (consacré à la création de connaissance et au capital humain) dépasse celle du capital tangible (infrastructure physique et équipement, ressources naturelles, stocks) dès la fin des années 1960.

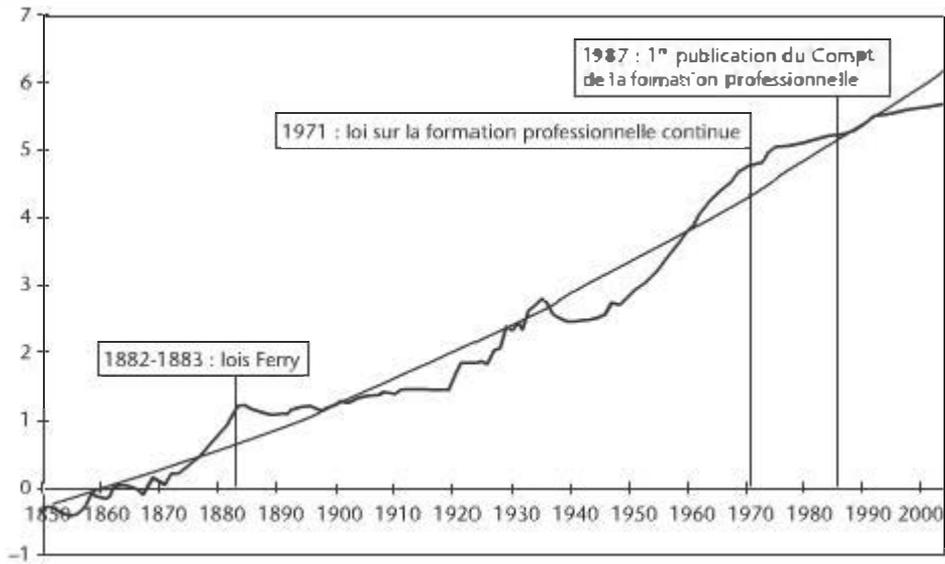
Tableau 1. Le stock de capital réel brut domestique aux États-Unis
(en milliards de dollars, 1987)

	1929	1948	1973	1990
Capital tangible : total	6,075	8,120	17,490	28,525
Structures et équipement	4,585	6,181	13,935	23,144
Stocks	268	471	1,000	1,537
Ressources naturelles	1,222	1,468	2,555	3,843
Capital intangible : total	3,251	5,940	17,349	32,819
Éducation et formation	2,647	4,879	13,564	25,359
Santé, sécurité et mobilité	567	892	2,527	5,133
R&D	37	169	1,249	2,327

Source : Kendrick [1994].

Portant leur attention sur la croissance économique américaine, Abramovitz et David [2001] montrent que la nature du biais du progrès technique a changé. Dès le début du xx^e siècle, le changement technique accroît la productivité marginale relative du capital constitué sous la forme de l'éducation et de la formation, des connaissances pratiques acquises grâce à la R&D et des structures organisationnelles (management, système d'information, de contrôle, de marketing, de service aux usagers).

Graphique 1. Dépense d'éducation sur PIB en France (1820-1996)



Source : Michel [2002].

Éducation et apprentissage : le bond en avant. — Une caractéristique nouvelle qui distingue l'homme et la femme du xx^e siècle par rapport à leurs ancêtres dans les pays développés est qu'ils savent lire ! Le xx^e siècle est le siècle du « grand apprentissage », pour reprendre un titre proposé par le magazine *The Economist*. Les travaux de S. Michel [2002] pour la France mettent en évidence une tendance sans nuance qui exprime, selon cette auteure, « la logique du développement des savoirs prenant le pas sur la logique de l'accumulation matérielle ».

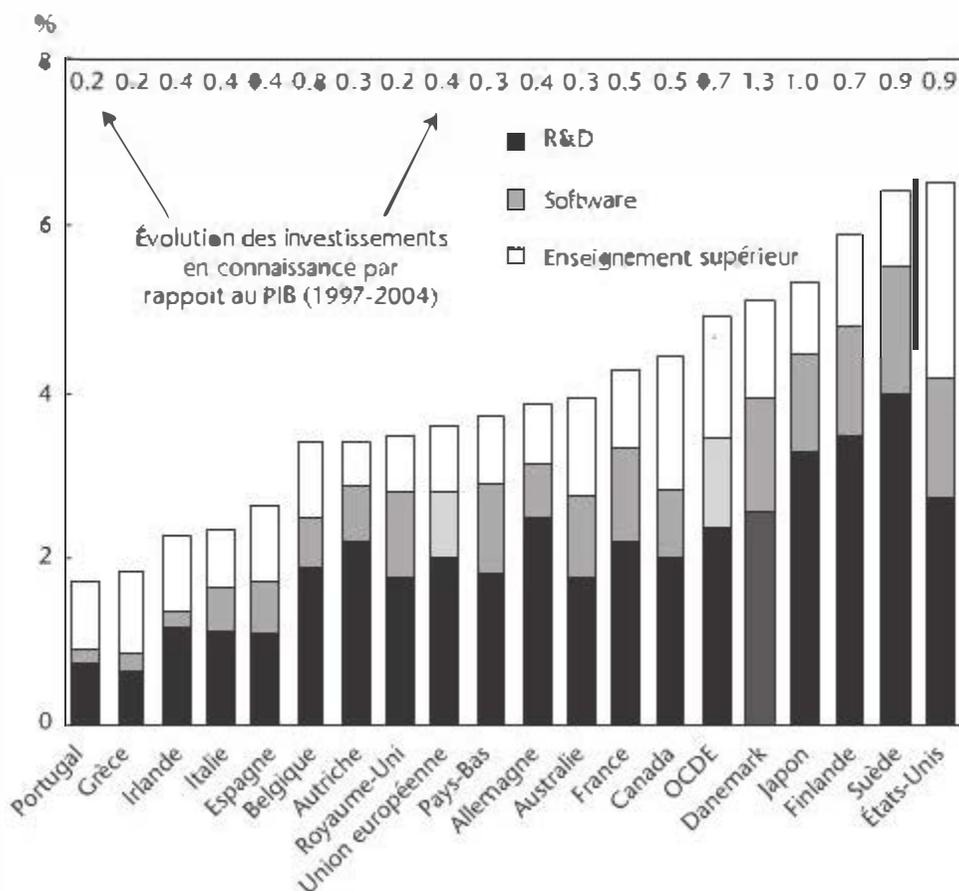
On est donc passé d'une logique de transmission des savoir-faire sur les lieux de travail pour assurer leur conservation à une logique d'« éducation intellectuelle », la transmission de savoirs généraux. Puis le temps éducatif s'étend à mesure que la probabilité d'accéder à de nouveaux temps de formation au cours de la vie augmente. Enfin la formation, sous des formes originales (les « formations-loisirs »), investit le temps libre.

Mieux mesurer l'intangible. — Les évolutions qui viennent d'être rappelées rendent nécessaire un travail accru des statisticiens et des économètres au sujet de la mesure des investissements intangibles. Le récent travail de Corrado et Sichel [2006] montre que, en comptabilisant plus précisément les investissements en intangible, le taux d'investissement des États-Unis, considéré habituellement comme constant depuis les années 1950 (entre 8 et 10 % du PIB), aurait en fait augmenté très significativement (de 14 à 18 %).

La mesure des investissements relatifs à la connaissance

L'OCDE s'est efforcée de produire une mesure destinée à comparer les efforts des pays dans le domaine de l'économie de la connaissance et à estimer leur « progrès ». Cette mesure est évidemment très simple, voire fruste, mais c'est le prix à payer pour permettre la confection d'indicateurs « à la portée » de la plupart des pays membres de l'organisation. Cet indice combine donc des mesures portant sur les dépenses de R&D, les dépenses d'éducation et les dépenses en développement de logiciel. Les résultats les plus récents sont donnés ci-dessous.

Graphique 2. Les investissements en connaissance
(en % du PIB, 2004)



Source : OCDE [2007a].

L'expansion continue des activités intensives en connaissance

Les tendances décrites ci-dessus s'expriment aussi à travers l'expansion des activités intensives en connaissance au sein des économies développées. Ainsi, en adoptant la méthode de Machlup [1962] déjà évoquée (la définition d'un secteur spécialisé dans la production et le traitement de l'information), on voit que le secteur spécialisé grandit sans cesse, passant aux États-Unis d'une contribution de 29 % au PNB en 1958 à 34 % en 1980. Les études régulièrement menées dans ce cadre statistique confirment l'expansion régulière de ce secteur dans tous les pays de l'OCDE [Porat et Rubin, 1977 ; Rubin et Huber, 1984]. La contribution au PNB du secteur spécialisé franchit la barre des 50 % dans l'ensemble des pays de l'OCDE vers l'année 1985.

Rompant avec ce cadre d'analyse, on peut s'interroger aussi sur la pénétration des activités intensives en connaissance dans l'ensemble de l'économie. On observera notamment la croissance des emplois intensifs en connaissance mesurée par les niveaux d'éducation et l'écart grandissant des salaires entre cette catégorie d'emploi et les emplois de moindre intensité en connaissance [Powell et Snellman, 2004].

L'avènement des technologies de l'information et de la communication

Face à la tendance séculaire à la montée des investissements en connaissance, il est tentant de traiter l'irruption des nouvelles technologies de l'information et de la communication comme un choc historique unique, ayant déterminé une forte discontinuité. Ceci n'est cependant pas exact. Il sera plus pertinent de parler d'une accélération continue du taux d'innovation dans le domaine des TIC et d'une lente coévolution des technologies et des institutions, à laquelle les accidents n'ont pas été épargnés.

Avec les TIC l'économie fondée sur la connaissance trouve une base technologique adéquate. Il s'opère désormais une consolidation mutuelle entre l'essor des activités intensives en connaissance et la production et la diffusion des nouvelles technologies de l'information. D'une façon plus spécifique, les TIC sont au centre du développement des économies fondées sur la connaissance car elles offrent aux agents économiques une gamme nouvelle et sans précédent d'« instruments du savoir ».

Les TIC comme instrument du savoir

On peut distinguer plusieurs types d'impact des technologies de l'information sur la production et la diffusion des savoirs.

On observe premièrement la création d'une abondance potentielle d'informations, qui est véritablement révolutionnaire. Sans remonter jusqu'à la nuit des temps, il faut se souvenir combien il était difficile pour l'homme de se procurer les « instruments du savoir ». Gerbert d'Aurillac, un grand intellectuel du XI^e siècle, possédait une bibliothèque qui ne comptait pas plus de vingt ouvrages. Et mis à part quelques lieux et places privilégiés, tels que les monastères et les couvents, la « poursuite incessante des instruments du savoir », pour reprendre l'expression de G. Duby, était à bien des égards une course désespérante. Beaucoup plus près de nous, songeons au travail harassant que devait fournir un étudiant pour réaliser l'« état de l'art » de sa discipline, ainsi qu'à la difficulté presque insurmontable d'être averti des travaux les plus nouveaux de son domaine. Cette longue évolution s'est donc brutalement accélérée. L'avènement d'Internet ne marque certes pas la fin de l'histoire car de nombreux progrès sont encore attendus, par exemple dans le domaine des moteurs de recherche. Cependant, les progrès techniques du domaine et l'apparition de nouveaux modèles organisationnels collaboratifs ont déterminé un changement radical dans les modes de recherche et acquisition de l'information. On pourra par ailleurs consulter les travaux de l'historien R. Chartier [1994] pour comprendre que les TIC ont bouleversé l'économie du livre comme aucune autre révolution technologique (y compris l'imprimerie) ne l'avait fait auparavant.

Deuxièmement, les TIC permettent de relâcher la contrainte de proximité spatiale dans l'échange de connaissance et la coopération. L'apprentissage et l'enseignement à distance, l'expérimentation éloignée ainsi que la coopération entre équipes ou individus géographiquement dispersés deviennent des pratiques usuelles et efficaces dans la production et la transmission des savoirs [Atkins, 2005]. Certes, de nombreuses activités collectives ne peuvent être coordonnées seulement par le biais d'instruments électroniques. L'émulation et la spontanéité engendrées par la présence physique et la « colocation radicale » (dans une même pièce) restent souvent cruciales. Les technologies elles-mêmes restent imparfaites et ne transmettent que difficilement certains types de message (par exemple la déception lisible sur un visage ou la gestuelle comme mode de communication de certaines informations) pourtant si importants pour s'entendre, se mettre d'accord et se coordonner

[Olson et Olson, 2003]. Il est cependant évident que la contrainte de proximité s'atténue et qu'elle diminuera encore dans le futur. Les TIC deviennent ainsi un instrument fondamental de l'action collective, en facilitant le partage de « messages riches en information » parmi un très grand nombre d'individus. Elles représentent la base technologique appropriée à la formation aisée et au développement des communautés virtuelles.

Troisièmement, les TIC constituent en elles-mêmes un ensemble d'outils de production des savoirs de plus en plus puissants. Elles facilitent les interactions créatrices, par exemple entre les concepteurs de produits, les fournisseurs et les clients. La création d'objets virtuels, modifiables à l'infini, auxquels chacun a un accès instantané, facilite le travail et l'apprentissage collectif. Les nouvelles possibilités de simulation sont à cet égard un élément essentiel, qui diminue fortement le coût des expérimentations et révolutionne donc les pratiques expérimentales, notamment dans l'industrie [Thomke, 2006]. En outre, les TIC ouvrent de nouvelles possibilités de traitement de gigantesques bases de données ; ce qui constitue en soi un puissant système d'avancée des savoirs (aussi bien dans le domaine des sciences de la nature que dans celui des sciences humaines, sociales et de gestion).

Ces impacts ont particulièrement touché certaines catégories d'emplois, dont le contenu a été bouleversé. Il s'agit notamment des chercheurs, enseignants et étudiants, journalistes, archivistes, libraires et documentalistes, architectes, designers et ingénieurs, juristes, médecins, etc. Dans les secteurs considérés, l'objet principal du travail est l'information et le savoir ; c'est-à-dire un bien complètement digitalisable (connaissance codifiée, documents écrits, bases de données, enregistrements vidéo ou musicaux, films, expériences virtuelles). Les TIC permettent alors un traitement automatique complet de la transaction portant sur ces biens, contrairement à de nombreux autres biens dont l'ensemble des transactions ne peuvent être traitées par Internet (il faudra toujours un camion et un chauffeur pour livrer les pommes de terre).

À partir de ce cœur d'emplois directement touché, de nouvelles catégories de métiers moins directement liés à la production, transmission, utilisation et conservation des savoirs sont pénétrées par les TIC, en fonction des avancées de celles-ci ainsi que de l'importance des investissements en connaissance et en capital intangible réalisés dans les secteurs concernés. Ainsi, même la livraison de pommes de terre est révolutionnée par les TIC : l'usage d'un

ordinateur de bord accroît sensiblement la productivité de cette activité.

Les TIC et leur productivité

Les problèmes de productivité ont longtemps préoccupé les économistes confrontés au ralentissement de la productivité, alors que les TIC commençaient à se diffuser massivement (grosso modo entre 1965 et 1990) [Cette, 2007]. Solow présente le problème sous la forme d'un paradoxe : « Nous voyons des ordinateurs partout sauf dans les statistiques de productivité. » Autrement dit, de nombreuses organisations (y compris celles dont l'objectif est de réaliser des profits) investissent dans une classe particulière de biens durant une période prolongée, sans que cela se traduise par des améliorations significatives de leur productivité.

Au-delà de l'hypothèse selon laquelle ce paradoxe résulte en fait de problèmes de mesure incorrecte (il est difficile de mesurer la productivité dans les services et d'estimer l'augmentation de la qualité des biens engendrée grâce aux TIC ; ce qui conduit à sous-estimer les gains de productivité durant cette période), l'analyse du paradoxe de la productivité privilégie différents points de vue qui ne sont d'ailleurs pas mutuellement exclusifs :

1) le point de vue gestionnaire souligne l'importance des complémentarités organisationnelles, qui tardent à se mettre en place (voir l'ouvrage pluridisciplinaire de Foray et Mairesse [1998]). Études économétriques et études de cas montrent que formes organisationnelles et autres actifs intangibles sont des facteurs essentiels de l'augmentation de la contribution des TIC à la croissance de la productivité [Brynjolfsson et Hitt, 2005] ;

2) le point de vue de l'économie historique met l'accent sur le temps nécessaire à la mise en place d'un nouveau paradigme technologique. David [1990] utilise une analogie désormais célèbre — la dynamo et l'ordinateur — pour souligner l'importance de la transition technologique ; période d'ajustement des capacités sociales et économiques, des institutions et du capital humain au nouveau régime technologique. Son modèle qui intègre l'importance des boucles de rétroaction positive entre la diffusion de la technologie et son amélioration pointe l'importance du temps historique et de l'inertie comme éléments clés de compréhension du problème de productivité. Commentant les données de productivité aux différentes périodes de diffusion des TIC, David et Abramovitz [2001] répètent qu'« il est trop tôt pour être désappointé » ;

3) un dernier point de vue met l'accent sur l'aspect de révolution permanente et de turbulences perpétuelles engendrées par les TIC. On voit des ordinateurs partout mais ce ne sont jamais les mêmes, pourrait-on dire en paraphrasant la première partie de l'expression de Solow. La diffusion générale de la technologie enveloppe en réalité une multitude de révolutions qui, en permanence, sape les bases technologiques et organisationnelles des gains potentiels de productivité.

La dynamique d'une technologie à objectif général

Au bout du compte, les différentes explications et analyses du paradoxe renvoient toutes aux propriétés fondamentales des TIC, vues comme une technologie à objectif général. Une technologie à objectif général se caractérise par une dynamique puissante d'inventions successives, une très grande transversalité de ces applications et enfin une très forte complémentarité d'innovations entre le secteur producteur de la technologie et les secteurs utilisateurs qui « co-inventent » et développent les nouvelles applications. L'invention de la technologie générale élargit la frontière des possibilités d'inventions pour toute l'économie, tandis que le développement d'applications change la fonction de production d'un secteur particulier. Ces complémentarités engendrent des externalités dynamiques importantes : la dynamique de l'invention suscite la co-invention d'applications qui en retour accroissent les rendements privés et sociaux des activités d'invention principale [Bresnahan, 2003]. D'autres externalités animent également les processus d'innovation ; par exemple celle qui relie le premier co-inventeur qui diminue les coûts de la nouvelle application et les développeurs suivants. Lorsque les choses évoluent favorablement, une dynamique de long terme prend son essor, composée d'importants investissements en recherche et innovation dont les taux de rendement marginal social et privé atteignent des niveaux élevés. La croissance de la productivité souffre cependant de décalages importants entre les secteurs producteurs et utilisateurs et, au sein des secteurs utilisateurs, entre innovateurs et suiveurs, qui sont dus à la présence de ces externalités. Le paradoxe de la productivité serait donc une histoire en trois épisodes correspondant au temps nécessaire à la réalisation des externalités potentielles :

— l'épisode de Solow (avant 1995) où aucun gain de productivité n'est véritablement perceptible ;

— lors de l'épisode suivant (jusqu'en 2000), les gains de productivité sont effectivement au rendez-vous mais ne concernent que le secteur de production des TIC (et notamment des ordinateurs) qui tire à lui seul les performances agrégées de l'ensemble de l'économie vers le haut. À cette époque (celle de la nouvelle économie) la grande partie de l'économie reste donc « déconnectée » (au sens propre comme au sens figuré) [Gordon, 2000] ;

— enfin, après l'an 2000, la majeure partie des gains de productivité est désormais réalisée dans les grands secteurs utilisateurs (grande distribution, commerce, services financiers), une fois développées les « co-inventions » majeures, lesquelles relancent la rentabilité des inventions du secteur producteur [Bresnahan, 2003].

L'innovation comme nouvelle règle du jeu

Les différents processus évoqués (accroissement des investissements en connaissance et développement des TIC) se rencontrent mais n'enclenchent une accélération de la production des savoirs et de l'obsolescence des connaissances technologiques que dans certaines circonstances. Il s'agit des secteurs où l'innovation devient centrale, grâce notamment aux nouvelles conditions de la concurrence. Celles-ci impliquent que, dans certains secteurs, l'innovation devient une « question de vie ou de mort » [Baumol, 2002]. La nouvelle donne concurrentielle fait qu'il n'y a plus d'abri pour les firmes non innovantes. Historiquement, les firmes non innovantes ont toujours su survivre voire même prospérer en utilisant des mécanismes résultant de l'imperfection des marchés (industrie protégée, information insuffisante des consommateurs, verrouillage d'un marché, avantage relatif induit par une certaine facilité d'accès). Or, dans de nombreuses industries, ces mécanismes se sont érodés ou, dit autrement, il serait dangereux de s'y fier pour protéger ses positions commerciales. Il reste donc l'innovation comme stratégie unique de croissance. Dans ce cas, les gains de l'activité industrielle deviennent fondamentalement liés à l'innovation, la structure des gains entre l'innovateur et les suivants est très asymétrique, mais l'imitation rapide peut atténuer fortement cette asymétrie, la perte du monopole sur une innovation (soit à l'expiration légale du brevet, soit parce que cette innovation est devenue obsolète face à la concurrence) peut être catastrophique si la prochaine innovation n'est pas déjà là. En un mot, l'innovation devient le résumé de toutes les performances de

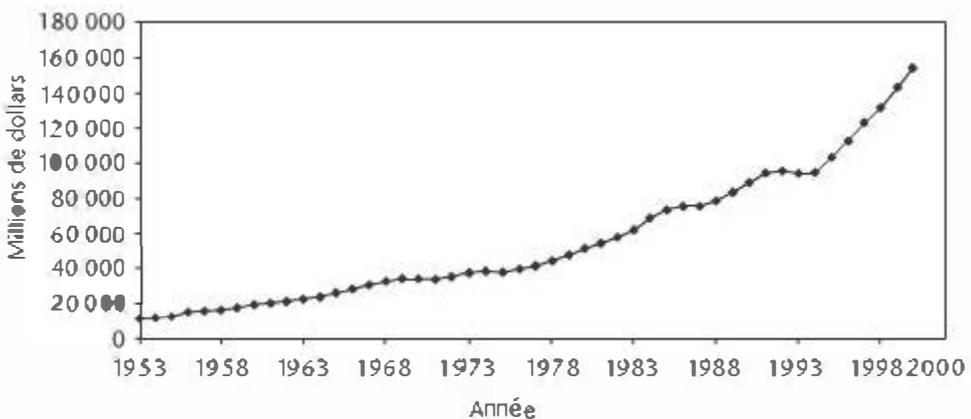
Plus d'innovations aujourd'hui ?

La mesure de cette tendance est une entreprise délicate. Il faut tout d'abord se demander ce que l'on entend par innovation : est-ce la nouveauté radicale, ce qui est « nouveau sous le soleil », et dans ce cas on ne doit comptabiliser que les innovations radicales ; ou bien peut-on comptabiliser les innovations qui consistent en une application ou une transposition de quelque chose d'existant vers un nouveau marché ; ou bien doit-on aussi inclure ce qui est simplement nouveau pour une entreprise (adoption) ? Cette question est évidemment importante, lorsque l'objectif est de comprendre la relation entre innovation et croissance.

Elle suggère la difficulté qu'il y a à construire une mesure agrégée de l'innovation. Mais elle est secondaire lorsque le problème est celui de mesurer l'ampleur des changements auxquels les firmes et les employés sont confrontés. Que l'innovation soit absolue, une transposition ou une simple adoption est alors secondaire puisqu'elle engendra de toute façon des perturbations et des déclassements.

De façon conventionnelle, on tente de prendre la mesure de l'accélération de l'innovation en mesurant la croissance des dépenses liées à l'activité innovatrice et celle des outputs. On voit sur les graphiques 3 et 4 que la très longue période révèle des tendances d'accroissement spectaculaires.

Graphique 3. Dépenses réelles de R&D aux États-Unis, entre 1953 et 2000



Source : Baumol [2002].

l'entreprise. La pharmacie illustre parfaitement cette figure ; ceci depuis longtemps. De nouveaux secteurs tels que celui de l'automobile sont en train de s'y conformer [Middler, 2007].

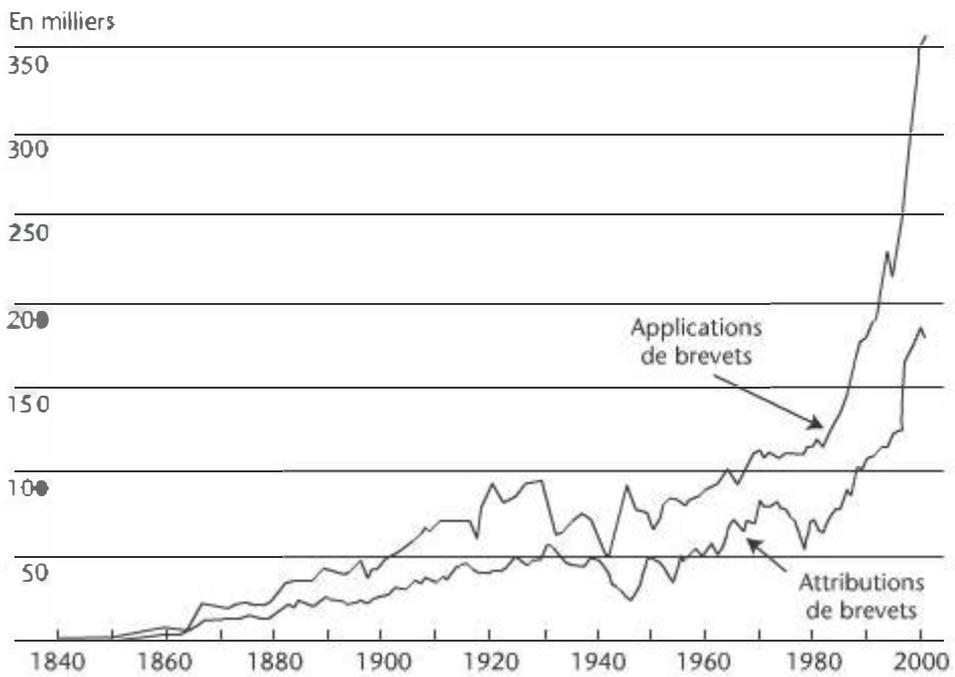
Les structures de marché les plus favorables à cette évolution sont celles qui appuient une concurrence âpre entre firmes puissantes (c'est-à-dire des firmes qui ont suffisamment de ressources pour diriger une part significative de celles-ci vers l'innovation). C'est donc la forme oligopolistique qui est la plus propice ; cette forme n'excluant évidemment pas la présence de petites

D'autres mesures conventionnelles possibles incluent les nouvelles variétés de biens et de services ainsi que la part croissante des nouveaux produits dans les ventes totales.

L'importance des coûts affectés à l'innovation par rapport aux coûts totaux est un autre moyen d'approcher cette question de l'intensité du changement. Carter [1994] propose de distinguer les coûts de l'investissement

intangible, les coûts de remplacement (et de flexibilité) et les coûts virtuels d'inexpérience. Or la part de ces coûts augmente significativement sur la moyenne des secteurs. Dans certains secteurs, ils peuvent représenter près de 90 % des coûts totaux; alors que les 10 % restants sont imputés aux tâches autrefois dominantes, consistant à maintenir l'existant.

Graphique 4. Nombre d'applications et d'obtentions de brevets à l'Office américain des brevets et des marques, entre 1840 et 2000



Source : Jaffe et Lerner [2004].

compagnies et de *start-up* qui joueront un rôle bien spécifique dans la division du travail d'invention.

Une autre condition importante et complémentaire, qui semble centrale dans la plupart des secteurs où l'innovation est devenue la règle du jeu, résulte des modalités mêmes de l'innovation. Celle-ci mobilise de plus en plus les outils de la science (chapitre suivant) et prend appui sur des stratégies organisationnelles explicites (économies d'échelle, de variété et *spillovers* internes, veille technologique, mobilisation des résultats de la recherche scientifique,

gestion et codification des connaissances et des meilleures pratiques, localisation de la R&D pour profiter des *spillovers* locaux); tout ceci permettant une élévation de la productivité des activités de recherche (les stratégies des firmes seront examinées dans le chapitre VIII).

L'état de la concurrence et la façon dont la R&D est conduite constituent des facteurs déterminants qui créent à la fois l'impératif d'innovation et les moyens d'y répondre efficacement. Au-delà de la production de médicaments, d'automobiles ou de services financiers, le *changement*, dans ces secteurs, devient l'activité principale [Carter, 1994]. Pour le préparer et le gérer, les firmes doivent investir lourdement dans le capital organisationnel et les actifs intangibles et mettre donc en place des structures de plus en plus intensives en connaissance.

Les changements structurels dans les secteurs intensifs en innovation

Les secteurs à haute intensité d'innovation ont connu des changements structurels importants au cours des vingt dernières années [Macher et Mowery, 2007 ; Foray et Lhuillery, 2007] : l'importance accrue des petites firmes et des firmes de service (spécialisées dans les tâches de R&D et de résolution de problèmes d'innovation) et la diminution de la part relative des grandes firmes dans l'exécution de la R&D ont été associées à un accroissement de la spécialisation verticale des secteurs : de nouveaux segments de tâches spécialisées apparaissent très en amont de la fabrication des produits finaux.

On passe d'un modèle d'innovation relativement simple composé de deux grands pôles — le domaine de recherche publique et la grande firme verticalement intégrée — à un modèle beaucoup plus compliqué où de nombreux nouveaux acteurs se sont insérés, pour assumer des fonctions très spécialisées et introduire de nouvelles transactions marchandes intermédiaires. C'est le cas par exemple des milliers de petites firmes de biotechnologie élaborant des outils de recherche, qui sont ensuite licenciés aux grandes firmes pharmaceutiques [Cockburn, 2008]. Selon cette logique, brevets et licences deviennent un mécanisme central de coordination dans ces nouvelles structures verticalement désintégrées et les alliances technologiques entre firmes augmentent considérablement. Ces différents changements structurels, particulièrement tranchants dans les nouveaux secteurs de l'économie, font sens lorsqu'on les considère ensemble. Ils définissent une nouvelle logique qui est celle d'une plus grande importance des

relations de marché dans la conduite et la coordination des activités de R&D et d'innovation. Nous observerons dans le chapitre VII que l'efficacité de la nouvelle structure industrielle ainsi constituée se heurte à un problème fondamental qui est celui de l'efficacité des marchés de la connaissance et de la technologie. Il est rare de voir un marché concentrer autant de défaillances que celui-ci [Cockburn, 2007].

Ces changements structurels — désintégration verticale du processus d'innovation, multiplication des marchés intermédiaires et apparition de brevets et de licences dans les phases amont — ont été associés aux États-Unis à des évolutions institutionnelles durant les années 1980 qui ont considérablement renforcé l'économie de la création et de la croissance des entreprises de haute technologie : la mise en place de nouvelles règles d'accès au Nasdaq (qui ont contribué à l'offre abondante de capital-risque) ; la législation autorisant les universités à prendre des brevets et à céder des licences exclusives sur des recherches financées par les agences fédérales ; les décisions successives d'extension du domaine de la brevetabilité (vers les sciences de la vie et les innovations liées à Internet) ; enfin les dispositifs anti-trust favorisant l'entrée compétitive de nouveaux acteurs ; cette grappe d'ajustements institutionnels a contribué sans nul doute à l'accélération des changements structurels qui viennent d'être décrits.

Destruction créatrice et coûts du changement

Lorsque le changement ou l'innovation devient l'activité économique principale et non plus une phase transitoire encadrée par de longues périodes de stabilité, les coûts d'apprentissage, d'ajustement et d'adaptation explosent. Hatchuel et Weil [1992] évoquent à ce propos la crise cachée des savoirs industriels. Dans son ouvrage *L'Innovation ordinaire*, Alter [2000] parle de la lassitude des acteurs ! C'est en quelque sorte le prix à payer quand la logique de destruction créatrice devient dominante.

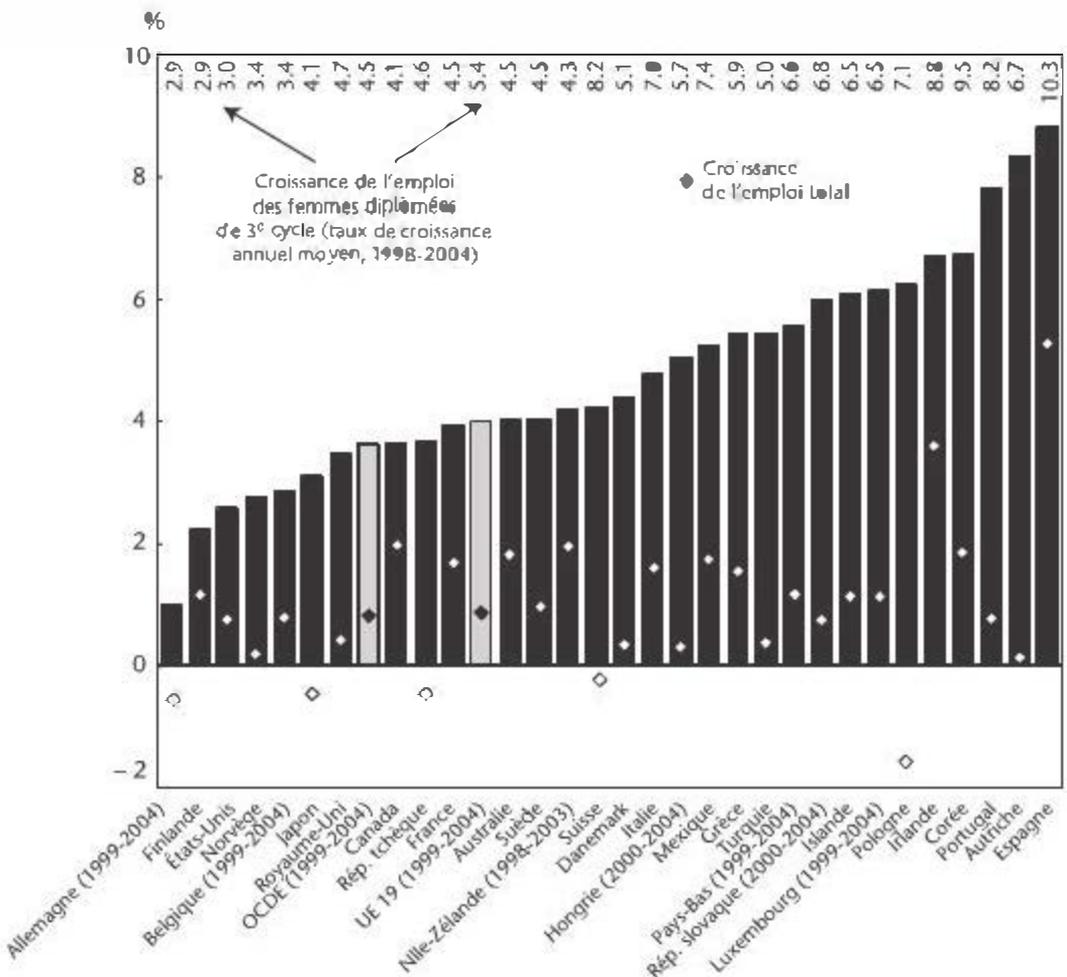
L'explosion des coûts de la destruction créatrice implique la mise au point de formes de coordination nouvelles et adaptées à cette économie d'innovation continue. C'est là que la création collective de normes et standards intervient. La normalisation permet de créer des stabilités temporaires, des *lock-in* transitoires qui offrent aux agents économiques la possibilité de coordonner leurs activités dans un contexte de changement rapide. La destruction créatrice impose aussi l'acquisition de nouvelles compétences

que les individus pourront mobiliser dans les contextes de changements continus. Ce point est maintenant évoqué.

La montée des emplois hautement qualifiés

L'économie de la connaissance se caractérise par un accroissement de la proportion de travailleurs hautement qualifiés, illustré par le graphique suivant, qui saisit la croissance annuelle de l'emploi des diplômés universitaires par rapport à l'emploi total.

Graphique 5. Croissance de l'emploi des diplômés de l'enseignement supérieur (1998-2004) (taux de croissance annuel)



Source : OCDE [2007], p. 49.

Selon l'hypothèse du biais technologique, les TIC sont à l'origine d'un accroissement de la demande de travail hautement qualifié et favorisent une substitution de la main-d'œuvre qualifiée à la main-d'œuvre non qualifiée. Cependant, les études empiriques qui analysent le lien entre les investissements en TIC et la dynamique de l'emploi produisent des résultats relativement ambigus. Selon la nature des technologies introduites, les formes organisationnelles choisies, l'effet sur la part de la main-d'œuvre non qualifiée est assez variable (sur ce débat, voir la présentation très complète de Greenan [1999]). Bresnahan [1999] écrit en conclusion de son étude sur l'informatisation des services que le biais technologique est modéré : il y a tout d'abord des limites à la substitution (les emplois à fort contenu cognitif ne sont pas touchés) tandis que de nouveaux emplois peu qualifiés apparaissent (les « travailleurs de données »). Il y a aussi des effets de complémentarité organisationnelle (les TIC créent de nouvelles fonctions pour les managers, notamment l'exploitation des bases de données comme outil de recherche).

La croissance des emplois hautement qualifiés doit donc être rapportée à des évolutions plus larges que la seule diffusion des TIC. C'est l'avènement même des économies fondées sur la connaissance qu'il convient de prendre en compte, incluant notamment l'augmentation continue des taux d'innovation dans certains secteurs.

De nouvelles compétences dans l'économie de la connaissance ?

Il ressort de cette analyse que la maîtrise des nouveaux savoirs techniques liés aux TIC ne représente qu'une fraction des compétences nouvelles qu'il s'agit de maîtriser pour survivre et prospérer dans les économies fondées sur la connaissance. D'autres classes de compétences apparaissent à la fois comme centrales et nouvelles.

Apprendre à apprendre : l'innovation, qui est au cœur de l'économie de la connaissance, ne peut prospérer que sur la base du déclassement des compétences et des savoirs et de leur redéploiement. Dans l'économie de la connaissance, l'apprentissage est sans fin : « À peine un état de l'art est-il absorbé qu'il faut s'initier au suivant. L'homme ne se repose jamais sur la connaissance qu'il vient de maîtriser car les prochains changements sont déjà là » [Enos, 1996]. Ces contraintes donnent une valeur plus grande aux capacités génériques d'apprentissage par rapport à la maîtrise d'un répertoire spécifique d'aptitudes techniques.

Apprendre à innover et à créer, voire à démarrer un projet d'entreprise représente un autre ensemble clé de compétences dans une économie où l'innovation est devenue l'activité principale. Cependant, l'éducation « idéale » des futurs entrepreneurs innovants est difficile à définir. Tout au plus peut-on observer la tension entre les programmes qui visent à maîtriser un corpus de savoirs établis et ceux qui incitent les étudiants à penser « en dehors du cadre » [Raumol, 2005].

Un dernier ensemble de compétences a trait à l'intégration et à la mobilisation des savoirs dispersés : créer des liens, que ces liens s'appliquent à des connaissances fragmentées qu'il convient de combiner ou bien à des personnes et des experts dispersés. Une fonction « professionnelle » de plus en plus centrale est ainsi celle d'*agent double*, dont le but est de rendre compatibles des exigences professionnelles émises par plusieurs « autorités ». Nous verrons dans le chapitre VIII que les entreprises sont de plus en plus dépendantes des savoirs externes. Mais être capable de mobiliser ces savoirs externes implique d'être membre d'une communauté transversale (un réseau d'ingénieurs [von Hippel, 1988b], une communauté de programmeurs, une communauté de scientifiques, une tribu d'utilisateurs [von Hippel, 2007]). L'appartenance d'une personne à un réseau de savoir transversal constituera un actif appréciable pour une entreprise et la pénétration de ces personnes dans les organisations conventionnelles, sans rompre les liens qui les rattachent à leur communauté, constitue un signal fort de nouvelles formes d'emploi.

Le monde de l'entreprise : un lieu central d'accumulation de compétences. — L'enrichissement du capital humain implique que — au-delà des institutions formelles d'éducation (secondaire et tertiaire) — l'entreprise joue pleinement son rôle en tant que lieu d'apprentissage et de formation. Une raison au rôle crucial de l'entreprise comme lieu de formation est liée à la différence qu'il convient de faire entre connaissance — qui vous donne une capacité d'action (en général) — et compétence — qui vous donne une capacité d'action dans un contexte spécifique, contraint, extrême qui est celui de l'entreprise. Si l'école est le lieu principal d'acquisition des connaissances, le contexte professionnel est celui où l'on acquiert les compétences correspondantes. En outre l'entreprise est le lieu privilégié de transmission des savoirs tacites par opposition aux savoirs codifiés (voir chapitre IV). Cependant, la mobilisation de l'entreprise comme lieu central de formation se heurte à de nombreuses difficultés économiques, qui sont passées en revue dans l'encadré ci-dessous [Booth et Snower, 1996].

Formation et apprentissage dans l'entreprise, externalités et défauts du marché

Le principal problème est relatif aux externalités qui peuvent dissuader une firme d'investir en formation et en apprentissage sur le tas. Puisque la plus grande fraction des compétences acquises par cette voie ont une valeur générale et parce que les employés sont fortement mobiles, la firme n'aura que peu d'incitations à investir dans la formation et tentera plutôt de profiter des investissements des autres. Les économistes du travail proposent de distinguer entre le capital humain général et le capital humain spécifique à un emploi. L'objectif de cette distinction est de suggérer que si la firme privée est capable d'internaliser complètement les bénéfices de la formation, elle fournira le niveau correct de financement pour assurer cette formation. Au contraire, lorsque la formation est de nature « générale »,

ses bénéfices sont transférables à d'autres situations d'emploi et le bénéficiaire pourra de ce fait revendiquer un salaire plus élevé ou un revenu plus sécurisé. Le coût de cette formation devrait alors être supporté par celui qui s'approprie les bénéfices, c'est-à-dire l'employé.

Cependant, les formes générales et spécifiques du capital humain ne sont pas aisément séparables dans la réalité. La plupart des processus d'apprentissage fondés sur l'expérience et portant sur la résolution de problèmes particuliers à un emploi sont en fait généralisables; et ceci crée une externalité positive qui bénéficie aux employeurs suivants. Ces problèmes impliquent que les mécanismes du marché concurrentiel ne vont sans doute pas produire un résultat efficace puisque le résultat probable sera un sous-investissement de la firme privée, ou bien la restriction de la liberté des employés en termes de changement d'emplois; ceci pour empêcher le *free riding* potentiel des autres employeurs.

Comment l'économie fondée sur la connaissance s'élargit ?

La croissance même du secteur de l'économie de la connaissance repose sur deux éléments : le renforcement et l'augmentation du poids économique des activités qui font déjà partie de l'économie de la connaissance ; le basculement au sein de l'économie de la connaissance d'activités qui n'en faisaient pas initialement partie.

Pour sa croissance, le secteur de l'économie de la connaissance dépend crucialement de la capacité du système de formation et de recherche à répondre positivement à la demande croissante de personnels hautement qualifiés, de nouveaux savoirs et de coopérations académiques. C'est l'offre adéquate de ces ressources qui permet au secteur de croître et d'augmenter sa productivité. Si cette offre défaille, le secteur de l'économie de la connaissance est en danger.

Plusieurs mécanismes sont à l'œuvre pour assurer l'adéquation de l'offre à la demande :

— le développement endogène du secteur de la formation et de la recherche;

— le recours au capital humain étranger (immigration scientifique, attraction des étudiants étrangers) et au stock international de connaissances codifiées (publications, licence technologique) ;

— la création d'une interface efficace entre la science et les secteurs de production et de service (pour faciliter par exemple la mobilité des personnels entre les deux domaines, l'insertion des doctorants et bien sûr le transfert des connaissances).

Pour sa croissance, ce secteur dépend aussi de sa propre capacité d'innovation. Celle-ci recouvre notamment les déterminants de la productivité des activités innovantes, ainsi que la structure des rendements de l'économie qui donne à l'activité d'innovation un caractère hautement rentable (en dépit de sa nature risquée et incertaine) et, par là même, attire les entrepreneurs potentiels et le capital. Les travaux récents de Aghion [2006] et de Philippon et Veron [2008] mettent en évidence l'importance des facteurs d'environnement, au-delà de la connexion des firmes aux institutions de recherche et d'éducation tertiaire et de la qualité de leurs propres capacités de R&D et d'apprentissage : l'accès à des instruments spécifiques de financement, la facilité d'entrée compétitive dans une nouvelle activité, la disposition d'un système efficace et peu coûteux de propriété intellectuelle, la flexibilité du marché du travail qui permettra de diminuer les coûts de la destruction créatrice et enfin des politiques macroéconomiques visant à aider les firmes à surmonter les contraintes de liquidité lors des phases de récession sont les principaux déterminants indirects de la capacité d'innovation. Les changements institutionnels évoqués ci-dessus dans le cas des États-Unis illustrent bien en quoi la capacité d'innovation est directement affectée par les conditions financières, concurrentielles ou relatives au marché du travail qui prévalent dans un pays donné.

Au-delà de cette croissance interne, le secteur de l'économie de la connaissance grandit de manière externe, en accueillant de nouvelles activités — un processus que nous examinerons en détail au cours du chapitre vi.

III / La production des connaissances

La connaissance est produite de différentes façons. Nous distinguerons tout d'abord les activités explicitement dédiées à la production des savoirs — la R&D — qui mobilisent des personnels spécialisés dans des lieux spécifiques, isolés et protégés du monde extérieur (le laboratoire) et les activités de production de connaissance qui sont nichées au creux des processus de production et de fourniture des biens et des services. Ces dernières peuvent être saisies par la notion générique d'apprentissage par la pratique, qui sous certaines conditions peut constituer une forme très puissante de production de savoir.

Ces deux formes sont toutes deux orientées vers la recherche et la mise au point de nouvelles connaissances ou de nouvelles pratiques dans des domaines relativement peu explorés.

Au-delà de cette première logique, il est important de distinguer une seconde logique de production des savoirs, non pas orientée vers la recherche mais plutôt vers l'intégration et la coordination. L'accroissement de la fragmentation des bases de connaissance, l'augmentation de la complexité des architectures des biens industriels et des services et le développement de la modularité des systèmes rendent nécessaire la production de « savoirs intégratifs ». Normes, standards et infratechnologies composent cette classe particulière de savoir [Baldwin et Clark, 1997 ; Steinmueller, 2006a].

La recherche : une activité « à distance »

On emploie communément le terme « recherche et développement » pour saisir les travaux de création intellectuelle, entrepris sur une base systématique dans le but délibéré d'accroître le stock

de connaissances. Centres de recherche universitaires ou gouvernementaux (cette distinction sera reprise et explicitée dans le chapitre VII) et laboratoires d'association industrielle ou d'entreprises représentent les lieux principaux dans lesquels des personnels spécialisés (scientifiques et ingénieurs) entreprennent des travaux de recherche, individuels ou collectifs.

La principale caractéristique de ces activités est d'être situées « à distance » du monde régulier de la production et des services. A. Smith [1776] est peut-être le premier à avoir souligné l'importance de cette distance pour que s'épanouisse « l'habileté de ceux qu'on nomme savants ou théoriciens, dont la profession est de ne rien faire mais de tout observer et qui, par cette raison, vont pouvoir combiner les forces des choses les plus éloignées et les plus dissemblables ». Cette notion de distance est essentielle. Elle permet de placer explicitement la recherche au sein de la division sociale du travail et de bien distinguer les chercheurs spécialisés des autres producteurs de connaissance.

Fonctions et vertus d'une recherche faite « à distance »

Rosenberg aime à dire que selon lui l'innovation organisationnelle la plus remarquable du XX^e siècle est le laboratoire de recherche d'entreprise. Le laboratoire de R&D prend son essor vers les années 1920 dans certaines industries (notamment la chimie). Cette croissance ne s'interrompra pas (graphique 3), même si la distribution des capacités de recherche entre industrie et université peut se modifier d'une période à une autre (en fonction notamment de la conjoncture économique, de certains changements structurels et stratégiques qui caractérisent l'industrie, ainsi que des logiques académiques propres aux différents pays).

La distance permet à l'activité de recherche de ne pas gêner le reste de l'entreprise. — La recherche est une activité incertaine qui ne peut être sujette aux mêmes contraintes économiques qui caractérisent les autres fonctions de l'entreprise. Il y a bien sûr des objectifs de coût et de délai. Cependant, chacun sait que cette activité est caractérisée par une difficulté fondamentale qui est celle de définir un objectif et de déterminer le meilleur chemin pour y parvenir. Puisque son point de départ est toujours un certain degré d'ignorance, la recherche défie sans cesse le management. Elle ne peut être gérée et évaluée de la même façon que la production ou le marketing. Elle a donc besoin d'être « coupée du monde économique », moins pour se protéger elle-même que pour protéger le

reste du monde de ses échecs probables et répétés. D'ailleurs un échec en recherche est souvent reconnu comme apportant une information précieuse, une meilleure connaissance d'un domaine encore peu exploré. Les « échecs » sont donc admis et prévus. On est dans un autre monde cognitif, celui de la diminution de l'ignorance à très petits pas. Mettre la recherche à distance, c'est donc empêcher la propagation des effets de son incertitude radicale au-delà du laboratoire.

La distance permet la mise en place des conditions propices à l'expérimentation. — Même si un laboratoire de recherche peut servir à beaucoup de choses, sa fonction fondamentale est de rassembler les conditions les plus favorables au déroulement d'expérimentations de qualité. L'expérimentation est un mode fondamental de production de connaissance. Certes, il existe des domaines de recherche fondés sur la production de données non expérimentales (l'astronomie, l'histoire) ou bien dans lesquels l'expérimentation occupe une place plus marginale (les sciences économiques, les sciences de l'éducation); l'expérimentation n'en est pas moins l'outil central d'acquisition des connaissances dans la science et la technologie modernes [Nelson, 2005 ; Thomke, 2006].

Chacun peut expérimenter à certains moments de la vie quotidienne et en particulier dans le cadre de son travail pour produire des connaissances utiles. Cependant, toutes les expérimentations ne sont pas de même qualité (nous évoquerons plus loin l'apprentissage par la pratique que l'on peut définir comme un processus expérimental de moindre qualité).

Une expérimentation de qualité est fondée sur de nombreuses capacités :

- capacité à imaginer des états du monde « hors du commun » (par exemple des conditions extrêmes) et à répéter l'expérience un très grand nombre de fois ;

- capacité à contrôler de nombreux paramètres et à utiliser une version simplifiée (un modèle) de l'objet considéré pour focaliser la recherche sur telle ou telle propriété et simplifier l'analyse des résultats ;

- capacité à recueillir, traiter et mémoriser les données produites ; les données expérimentales étant disponibles relativement rapidement après l'expérience ;

- capacité à comparer l'objet traité avec le même objet non soumis au traitement (le contrefactuel) pour établir l'effectivité du traitement et l'inférence causale.

Or toutes ces capacités impliquent d'être « coupé du monde ». Nous retrouvons ainsi notre notion de mise à distance : le laboratoire de R&D est le dispositif technologique et organisationnel qui coupe l'activité de recherche du reste du monde et permet de mettre en place les conditions les plus favorables à l'expérimentation.

Notons que la qualité d'une expérimentation est une affaire de degré. Certains domaines de recherche ne permettront jamais la maîtrise de telle ou telle capacité et c'est sans doute dans ces domaines que la science est la plus difficile à faire (voir le cas de l'éducation comme domaine de recherche, chapitre VI). Il y a aussi des catégories intermédiaires entre l'expérimentation sur le tas « de moins bonne qualité » et l'expérimentation dans un laboratoire « parfait » et coupé du monde. Nous avons ainsi suggéré la notion d'« essais en famille » pour évoquer les expériences culinaires des grands cuisiniers, qui n'essaient certes pas leur nouvelle recette en cuisine à l'heure de l'ouverture du restaurant, mais qui ne le font pas non plus en laboratoire.

L'emprise de la science sur l'innovation

La recherche mise en œuvre pour résoudre des problèmes d'innovation est de plus en plus scientifique. Elle est guidée et informée par une base scientifique, qui permet une exploration plus systématique et mieux ciblée d'un domaine ; ce qui en accroît la productivité. Quand une solution technique nouvelle est inventée empiriquement, « par surprise ou par hasard », les principes de base n'étant pas connus, le coût de cette invention est élevé et le risque de ne pas pouvoir la reproduire rigoureusement est grand. Le meilleur exemple de cette évolution est sans doute la découverte de médicaments. Pendant longtemps, on ne pouvait que « brasser » de façon aléatoire et aveugle de larges masses de données pour identifier en fin de compte une molécule potentiellement intéressante. Désormais, la connaissance des bases biologiques d'une maladie permet de mieux orienter la stratégie de recherche et de diriger celle-ci vers tel ou tel domaine d'exploration.

On ne doit pas voir ces observations comme une tentative de réhabilitation du fameux modèle linéaire de l'innovation, dont le point de départ était l'impulsion scientifique. Nous tentons plus simplement de saisir les structures des systèmes de connaissance qui semblent les plus favorables à une accélération de la progression des savoirs et des savoir-faire.

Apprentissage par la pratique

L'apprentissage par la pratique est un mode de production de connaissance qui a lieu au cours même des activités opérationnelles de production. Ce mode de production bénéficie ainsi d'opportunités, d'occasions d'apprendre offertes par l'activité opérationnelle (les problèmes qui surgissent à ce stade) mais est aussi sérieusement limité puisque tout ce qui a été dit sur les avantages de produire de la connaissance en laboratoire ne s'applique plus ici. Il reste que l'apprentissage par la pratique est à l'origine d'améliorations de productivité, souvent faibles individuellement, mais qui peuvent s'avérer très significatives lorsqu'elles sont estimées cumulativement. Solow [1997] observe qu'une large fraction de la croissance de la productivité est sans relation avec la R&D. Dans les industries matures notamment, c'est bien l'amélioration continue et routinière des produits et des procédés qui constitue la source principale d'élévation de la productivité.

Accumulation d'expériences et apprentissage

Les travaux d'analyse empirique des déterminants de la courbe d'apprentissage permettent de distinguer deux logiques d'apprentissage. L'apprentissage de premier degré — également nommé effet Horndhall — évoque une amélioration de productivité qui ne prend appui sur aucun changement technique ou organisationnel « visible » et qui est donc essentiellement fondée sur la répétition et le développement de l'expertise qui y est associé : en répétant une tâche, on apprend à l'accomplir mieux. L'apprentissage consiste essentiellement en des adaptations de routine.

L'apprentissage de second degré est plus explicitement cognitif. Tout en restant niché au cœur de la production des biens et services, il consiste à réaliser une (série d')expérience(s) pour identifier une meilleure stratégie opérationnelle. À travers cette expérience, de nouvelles options sont engendrées et une variété de solutions potentielles émerge si bien qu'une nouvelle stratégie opérationnelle peut être sélectionnée. L'apprentissage prend donc appui sur un concept d'« expérimentation sur le tas » ; une expérimentation explicitement conçue et organisée par l'opérateur mais faiblement contrôlée et instrumentée [Adler et Clark, 1991 ; von Hippel et Tyre, 1995].

L'importance de cette catégorie d'apprentissage dépend fortement de la nature de l'emploi : il y a des activités à haut risque dans lesquelles les agents sont excessivement limités dans leur

possibilité d'expérimenter parce que l'éventuel échec de l'expérience ferait encourir un risque (économique ou technologique) bien trop élevé : les pilotes d'avion ou les chirurgiens, les personnes en charge de la gestion du trafic ferroviaire ou aérien sont dans cette situation. Au contraire, artisanat ou enseignement sont des occupations favorables à l'expérimentation sur le tas car l'échec potentiel de l'expérience n'aura pas de conséquences désastreuses. Le degré de liberté qu'ont les enseignants ou les artisans en matière d'essais et d'erreurs est donc élevé. Il est presque inutile d'observer aussi que, selon le degré de division du travail (du taylorisme aux groupes autonomes), la capacité à expérimenter sera plus ou moins réduite ou élargie.

Les conflits entre apprentissage et performance opérationnelle

Le fait que l'apprentissage s'opère sur le tas et non pas dans un lieu dédié à la production des savoirs va limiter considérablement la portée des expériences effectuées mais offrira aussi des occasions d'apprendre. Les opportunités sont liées à la nature « située » des apprentissages [Tyre et von Hippel, 1997]. Le contexte physique dans lequel les activités opérationnelles sont effectuées ainsi que les interactions entre les personnes et les équipements ou encore entre le fournisseur du service et le client engendrent des problèmes nouveaux, que l'on ne peut anticiper « en laboratoire », et créent des opportunités cognitives.

Les limites et les contraintes sont liées à ce que l'activité régulière de production doit être assurée tandis que l'apprentissage s'effectue : « Dans la plupart des cas d'apprentissage par la pratique, les feedbacks de l'expérience sont sévèrement limités. L'opérateur n'a que des dispositifs réduits pour observer et enregistrer les résultats de son expérience et pour détecter de façon précise les facteurs qui, au cours de l'expérience, ont eu un certain effet sur le résultat. Les avancées de la connaissance qui sont fondées empiriquement sur un processus d'essais et d'erreurs faiblement contrôlés ne peuvent être très grandes, notamment lorsque le nombre d'essais est limité de même que les états du monde que l'on peut considérer comme valant la peine d'être explorés » [David, 1999, p. 130].

L'économie de l'apprentissage par la pratique est ainsi le lieu d'une tension entre efficacité statique et effet dynamique. Il s'agit du conflit entre la performance normale attendue et l'apprentissage. Cette tension et la façon dont elle peut être surmontée sont

au cœur des « organisations apprenantes ». Maximiser le potentiel d'apprentissage d'une organisation implique en particulier de tolérer une certaine détérioration de la productivité.

L'apprentissage par l'usage

Face à des problèmes que les concepteurs et ingénieurs de développement n'avaient pu anticiper en laboratoire, les utilisateurs d'une technologie doivent chercher des solutions au cours de l'action et pourront ensuite informer les concepteurs des systèmes, en vue d'une amélioration de la génération suivante [Rosenberg, 1982; von Hippel et Tyre, 1995]. Plus l'utilisation (son contexte) s'éloigne des conditions « standards » ou moyennes reproduites en laboratoire, plus les problèmes et opportunités d'innovation grandissent.

La catégorie « apprentissage par l'usage » devient véritablement intéressante, nous semble-t-il, lorsqu'on se rapproche de l'utilisateur final. En effet, dans ce cas, le conflit statique-dynamique est largement atténué; autrement dit, l'utilisateur final est libre de consacrer autant de temps et d'efforts qu'il le souhaite à l'apprentissage et l'expérimentation; il n'y a pas de manager pour lui demander des comptes à la fin de la journée, de la semaine ou du mois. C'est aussi souvent le cas du chercheur qui utilise des instruments scientifiques [von Hippel, 1988a]. L'utilisateur final est libre de trouver l'équilibre qui lui plaît entre la pratique normale attendue (par exemple la pratique d'un sport) et la recherche et l'expérimentation (le « bricolage » de son équipement). Dans cet arbitrage, on voit d'ailleurs que le plaisir et la curiosité intellectuelle ainsi que le sentiment d'émulation provenant de l'appartenance à une communauté de pratiques sont des puissants stimulants qui font pencher la balance en faveur de l'apprentissage.

Il y a deux raisons essentielles à l'innovation par l'usage :

— l'utilisateur possède une connaissance que n'a pas toujours le fournisseur; celle de ses besoins et de ses exigences, en rapport avec un mode d'usage et un environnement particuliers. Or ces connaissances spécifiques sont souvent difficiles à expliciter et à communiquer [von Hippel, 1994]. Dans le cas où les itérations sont trop nombreuses sans déboucher sur la solution adéquate, l'utilisateur trouvera plus commode d'élaborer cette solution chez lui plutôt que de passer trop de temps à tenter d'expliquer ce qu'il souhaite ;

— le matériel souhaité par l'utilisateur « sophistiqué » (par exemple un pratiquant de sport extrême) n'est pas disponible sur le marché puisque le fournisseur est beaucoup plus intéressé à produire et commercialiser un matériel « suffisamment bon » pour le plus grand nombre.

Une explication plus historique pour rendre compte de l'essor des utilisateurs-innovateurs depuis quelques décennies renvoie à l'évolution technologique qui crée de plus en plus d'activités dans lesquelles la distance entre production et utilisation diminue grandement [Quah, 1999]. Ce n'est évidemment pas le cas de l'automobile ou de l'aéronautique, dans lesquelles les utilisateurs ont depuis très longtemps été exclus de l'innovation, mais les industries informatiques, multimédias, les activités de loisir et de sport offrent énormément d'exemples où, sous des conditions minimales de compétence, le consommateur peut s'engager dans l'innovation.

L'apprentissage par l'usage devient ainsi une forme prépondérante de l'innovation dans les économies modernes. Nous verrons (chapitre VII) qu'il est associé de façon complexe, dans de nombreux cas, à des structures organisationnelles permettant d'obtenir une masse critique d'efforts dans une direction de recherche déterminée ; masse critique qu'un utilisateur isolé ne parviendrait évidemment pas à obtenir. Ce sont les communautés d'usagers, fondées sur des normes de partage de l'information relativement robustes [von Hippel, 2001b].

Une transition importante vers l'économie de la connaissance

La possibilité de développer des apprentissages explicitement cognitifs dans les activités autres qu'artisanales représente une évolution importante. Cette possibilité s'accroît avec l'apparition de nouveaux lieux d'accumulation des savoirs, associée notamment à la transformation des structures industrielles [Steinmueller, 2006b]. Tant que l'activité de fabrication reste fondamentalement fondée sur des processus d'apprentissage qui consistent essentiellement en des adaptations de routine et ne laisse pas de place à l'organisation délibérée d'expériences au cours des opérations, le fossé entre ceux qui créent les savoirs et ceux qui les utilisent reste très grand. Lorsqu'une activité évolue vers des formes plus complexes d'apprentissage où l'individu conçoit des expériences et en retire des conclusions, la production de savoirs devient beaucoup plus collectivement distribuée.

La croissance des collaborations dans la production des savoirs

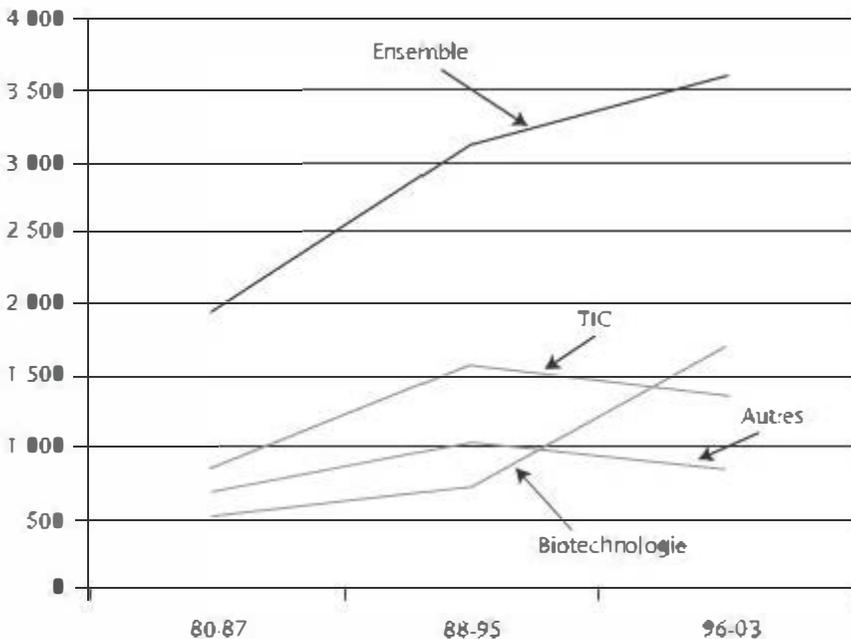
Nous avons observé au cours du chapitre précédent qu'un accroissement des collaborations et alliances de R&D et de technologie avait marqué la dernière période de changements structurels dans le domaine de la R&D.

Un premier facteur d'explication réside dans les raisons classiques de collaboration plus que jamais pertinentes dans une économie de la connaissance [Foray et Steinmueller, 2003b; Cassier et Foray, 2001] :

- partage des coûts de recherche et minimisation des duplications;
- bénéfice espéré de la création de pools de connaissance beaucoup plus larges, qui engendrent une variance plus grande à partir de laquelle des pistes de recherche prometteuses pourront être identifiées;
- gains économiques attendus de la division du travail dans la production des savoirs (répartition des tâches entre plusieurs équipes).

L'importance prise par les savoirs d'intégration fournit une autre raison à l'accroissement des collaborations. La collaboration correspond alors au besoin de réduire l'incertitude dans les technologies modulaires et les systèmes faiblement intégrés. Il s'agit d'une raison très importante dans des secteurs de systèmes complexes, tels que l'automobile, l'aéronautique et les autres technologies de transport. L'importance de la collaboration et des alliances va donc de pair avec l'émergence de nouvelles structures industrielles verticalement désintégrées qui sont orientées vers l'innovation (chapitre précédent).

Graphique 6. Les alliances technologiques de niveau triadique par domaines technologiques, de 1980 à 2003



La catégorie «Autres Technologies» englobe les alliances enregistrées dans les domaines suivants : matériaux avancés, aérospatial/défense, automobile et chimie.

Source : Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology, Cooperative Agreements and Technology Indicators (CATI-MERIT) database; graphique établi par Stéphane Lhuillier.

Production de connaissances et performances économiques

Les rendements économiques de la recherche

On sait que la R&D favorise une hausse de la productivité dans le secteur (la firme) où celle-ci a été exécutée par le biais des innovations de procédé et de produit qu'elle suscite. Elle a aussi des *spillovers* ou effets positifs externes parmi lesquels on distingue les effets externes « de marché » et les effets externes de connaissance [Jaffe *et al.*, 2004] : d'une part, l'utilisateur situé en aval peut retirer des bénéfices du nouveau produit qui sont supérieurs à l'accroissement du prix de celui-ci (les améliorations ne se répercutent pas entièrement sur le prix par exemple en raison de la concurrence); d'autre part, de futurs innovateurs dans le même ou d'autres secteurs seront « inspirés » par des informations, idées et savoirs nouveaux engendrés par la R&D et dont la divulgation est inévitable.

Rendements privé et social de la R&D. — Certes, la littérature économétrique reconnaît que le succès d'une firme est hautement imprévisible et dépend d'un grand nombre de facteurs, au-delà des investissements en R&D. Il est cependant prouvé qu'il y a une relation robuste entre la R&D et la croissance et la profitabilité des firmes. Les nombreuses études empiriques économétriques montrent que la R&D apparaît comme un déterminant important de la productivité totale des facteurs. Son taux de rendement privé est supérieur à celui du capital physique. En général on estime le taux de rendement privé net (de la dépréciation) comme variant entre 10 et 40 % [Mansfield, 1985 ; Griliches, 1995 ; Hall, 1996 ; Foray *et al.* 2008].

La mesure du rendement social de la recherche donne en général des résultats très élevés. Ceci est dû aux retombées ou effets externes qui sont amplifiés par les propriétés de la connaissance (non-rivalité, non-excluabilité et cumulativité). Des taux de rendement sociaux dépassant de 50 à 100 % les taux de rendement privés ne sont pas irréalistes.

Tirant un bilan de la littérature économétrique consacrée à l'estimation des rendements privés et sociaux de la recherche, Mairesse [1998] reconnaît la grande sensibilité des résultats aux choix des méthodes économétriques et à la qualité des données. Il conclut cependant que « si, prise isolément, chacune de ces études peut paraître fragile et critiquable à de nombreux titres, le fait que leurs résultats concordent assez largement devient probant ».

La recherche de base. — La composition de la R&D n'est pas sans importance. Il est admis que la recherche fondamentale procure des taux de rendement plus élevés que la recherche plus appliquée. Les effets de la recherche de base sont désormais analysés moins en termes de contribution à la mise au point d'un produit spécifique (ce qui revient fatalement à sous-estimer ces bénéfices) qu'en termes d'informations sur la base desquelles les décisions ultérieures de R&D sont prises. L'investissement en recherche de base est assimilé à l'effort pour établir une carte géologique qui permettra ensuite au prospecteur et au chercheur d'or d'augmenter leur chance de trouver rapidement un gisement. Quand les décisions de recherche appliquée (quel domaine, où commencer, où s'arrêter) sont « informées » par la connaissance préalable des distributions potentielles de rendement associées à chaque domaine, l'efficacité de l'allocation des ressources est grandement augmentée [David *et al.*, 1992].

Production des savoirs et rendements croissants

Il est clair au bout du compte que la production des savoirs n'est pas fondamentalement gouvernée par la loi des rendements décroissants, même si celle-ci peut dominer à certains moments et dans certains territoires intellectuels. En règle générale, la production de savoirs n'épuise pas un domaine mais au contraire est le facteur essentiel qui commande l'abondance future des nouveaux savoirs. Ceci est lié à la cumulativité et la progressivité de la connaissance (chapitre v), ainsi qu'aux diverses formes de complémentarité entre la recherche de base et les développements technologiques et entre les domaines de recherche [David *et al.*, 1992]. Il est permis d'observer pour conclure que très souvent l'arrivée dans une zone de rendement décroissant correspond en fait à des problèmes de productivité de la recherche créés par des changements institutionnels. L'exemple de la recherche pharmaceutique semble assez clair : les problèmes actuels de productivité sont attribués aux changements structurels qui ont marqué les institutions qui gouvernent la création et l'utilisation des connaissances biomédicales (droits de propriété intellectuelle, mécanismes de transfert des savoirs, logiques d'allocation des ressources et d'incitation dans le domaine de la R&D pharmaceutique) et non pas à un quelconque épuisement du domaine des savoirs biomédicaux [Cockburn, 2006, 2008]. Beaucoup de choses dépendent donc en fin de compte de l'organisation (institutionnelle) de la production des savoirs (équilibre entre recherche publique et

recherche privée, compromis entre droits de propriété intellectuelle et externalités volontaires) ; un problème qui sera exploré au cours du chapitre VII.

De multiples changements dans les modes de production des savoirs

Nous avons observé dans ce chapitre les multiples changements qui caractérisent la production des savoirs et qui sont associés de près ou de loin à l'augmentation de l'importance de l'innovation dans l'économie de la connaissance. Nous pensons que ces évolutions ne sont pas soumises à une logique unique ou dominante : plus de capacités d'innovation distribuées, « démocratisées » certainement ; mais ceci va de pair avec le maintien et même le déploiement dans de nouveaux secteurs du laboratoire de recherche professionnel, « coupé du monde ».

IV / La reproduction de la connaissance

En tant que reproduction d'une capacité cognitive, la reproduction de la connaissance est une opération bien plus complexe et coûteuse que la simple reproduction d'une information. La reproduction d'une connaissance implique toujours sa transformation. La question de la reproduction des savoirs est au cœur des problèmes de transfert de technologie [Foray, 2008] ainsi que de ceux qui concernent la transmission des compétences professionnelles.

Connaissance tacite et modes de reproduction des savoirs

Traditionnellement, les connaissances et les savoirs ont une dimension tacite importante. Celle-ci implique que la « saisie » de cette connaissance et donc sa reproduction sont des opérations coûteuses, voire dans certains cas presque impossibles à réaliser. Polanyi [1966] est l'auteur de cette phrase fameuse qui décrit bien le problème : « Nous savons plus que ce que nous pouvons dire. » Les connaissances tacites sont difficilement exprimables hors de l'action de celui qui les détient. Le fait même de posséder un savoir tacite est souvent ignoré par son détenteur. On connaît désormais l'exemple du joueur de rugby invité par un journaliste à décrire l'ensemble des gestes, attitudes et raisonnements qu'il mobilise pour tirer au but. Après une longue description, le joueur concluait : « Si tu essaies de noter sur un papier exactement tout ce que tu fais quand tu envoies une balle entre deux poteaux avec une certitude absolue, ce serait impossible, tu y serais encore dans un million d'années. » Ce n'est qu'en poussant le joueur à décrire minutieusement son mode opératoire que ce dernier arrivera à détecter et expliciter des gestes et des attentions qu'il faisait « sans y penser ».

L'élaboration d'un script au cœur de la reproduction

La reproduction passe essentiellement par la composition et la délivrance de scripts, c'est-à-dire d'un « ensemble de règles analogues à celles que l'on donne à un acteur pour qu'il improvise sur un certain thème » [Weizenbaum, 1976]. En fonction de la nature de la connaissance considérée et des choix de celui qui souhaite transmettre un savoir, le script constituera un guide plus ou moins « efficace » pour celui qui souhaite reproduire ce savoir. Une recette de cuisine est ainsi un guide détaillé très efficace qui indique la marche à suivre de façon linéaire. En revanche, un manuel d'apprentissage des bases du tennis ou un livre de stratégie sont des guides beaucoup plus vagues et flous, qui n'accomplissent pas même la moitié du chemin de l'apprentissage du nouveau savoir.

Trois formes principales d'élaboration et de transmission d'un script peuvent être distinguées.

La forme (a) est celle de la démonstration qui est utilisée essentiellement dans le cadre d'une relation entre le maître et l'apprenti. Le premier énonce un certain nombre de règles qu'il transmet à l'apprenti par le geste et la parole [Perriault, 1993].

La forme (b) est celle de la codification, qui consiste à détacher le script de celui qui détient la connaissance en vue de l'imprimer sur un support. L'expression et la modélisation du savoir tacite puis sa transcription à l'aide d'un langage adapté composent les phases essentielles de ce processus.

Tant la forme (a) que la forme (b) imposent l'élaboration d'un script; c'est-à-dire une certaine modélisation de la connaissance tacite. Un professeur de tennis, qu'il se borne à enseigner sur le court (forme a) ou souhaite rédiger un ouvrage (forme b), devra créer un modèle qui sera essentiellement une décomposition des principaux gestes en micromouvements.

La forme (c) est celle qui consiste en l'enregistrement audiovisuel de la connaissance en action. Le fac-similé permet la mémorisation et l'analyse des connaissances mobilisées au cours de ces actions. C'est la notion de reproductibilité technique, étudiée par le philosophe Walter Benjamin. Dans ce cas, le script n'est pas véritablement créé mais la matière est là, fidèlement mémorisée et prête à être scrutée et analysée pour reproduire le savoir (on peut passer une scène filmée au ralenti pour mieux détecter un geste ou bien étudier longuement le discours filmé d'un opérateur décrivant son travail).

Ces trois formes sont aujourd'hui disponibles. Nous allons étudier de manière plus approfondie la codification de la connaissance, forme devenue essentielle dans l'économie du savoir.

Des connaissances tacites à la codification

La connaissance tacite est un bien qui se prête difficilement à de nombreuses opérations. De par sa nature, elle est, pour ainsi dire, « entre les mains » de celui qui la possède et sa transmission et sa valorisation dépendent du bon vouloir de celui-ci. Même si ce bon vouloir est en fait structuré et encadré par des institutions (le marché du travail interne, la corporation, la communauté de pratique), c'est un facteur de crise potentielle, notamment lorsque ces institutions fonctionnent moins bien. L'échange, le transfert et l'apprentissage d'une connaissance tacite exigent l'implication délibérée et volontaire de celui qui la possède. Les risques de « désinvention » sont grands (l'oubli au cours du temps de la façon dont une technique doit être mise en œuvre) [MacKenzie et Spinardi, 1995]. En général, toutes les opérations de gestion de la connaissance tacite (mémorisation, recombinaison, réutilisation) sont complexes et coûteuses (voir chapitre VIII). Paul David a proposé l'expression amusante *taciturnity* pour décrire les stratégies délibérées des firmes pour conserver leur connaissance dans un état tacite. En diminuant le taux de rendement privé des activités de recherche d'informations technologiques, ces stratégies débouchent sur une sous-utilisation des stocks de savoir. Elles créent ainsi des inefficiences privées et sociales [Cowan *et al.*, 2000].

Avec la codification, le script est composé de telle façon qu'il est « détachable ». La codification permet de placer la mémoire de l'homme en dehors de lui-même [Leroi-Gourhan, 1964]. On crée ainsi des capacités de mémoire et de transmission rendues indépendantes de l'homme. L'activité de codification représente un coût fixe qui peut être élevé mais elle permet ensuite d'effectuer un grand nombre d'opérations à un coût marginal faible. Elle réduit les coûts et améliore la fiabilité (dans certaines limites) des opérations de stockage et de mémorisation. Dans la mesure où le médium reste lisible et où le « code » n'est pas oublié, la connaissance codifiée peut en principe être stockée et retrouvée indéfiniment. D'autres aspects des processus de transmission — tels que le transport et le transfert, l'accès et la recherche d'information — représentent des fonctions dont les coûts diminueront

irrésistiblement grâce à la codification. En effet, une connaissance codifiée est aisément reproductible ; ce qui permet d'en multiplier les « copies ».

La codification permet aussi à la connaissance de se rapprocher des caractéristiques d'une marchandise. Elle est désormais décrite et clairement identifiée. Des droits de propriété peuvent lui être associés (chapitre VII). La connaissance devient transférable, indépendamment du transfert d'autres ressources, telles que les personnes qui détenaient la connaissance tacite. Cependant, si effectivement la codification facilite l'établissement d'un marché de la technologie, les transactions comprennent souvent des services d'assistance technique et d'apprentissage. Comme déjà dit, le script ne fournit qu'une version incomplète et souvent insuffisante à la reproduction du savoir.

Puisque la codification diminue le coût de la mobilité de la connaissance relativement au coût de la mobilité des personnes, on peut s'attendre à des transformations de l'organisation spatiale des activités intensives en connaissance. Mokyr [2000] suggère par exemple que le système d'usine, dans lequel les employés se déplacent pour aller au travail, touche à sa fin. Dans la mesure où les problèmes de localisation sont désormais caractérisés par la centralité du coût relatif de la mobilité de la connaissance par rapport à celui du transport des personnes, il est permis d'anticiper une diminution de la concentration spatiale des activités dans les domaines qui utilisent intensivement les TIC et les savoirs codifiés. Cependant, des inerties de toute sorte bloqueront encore longtemps ces évolutions.

Les deux fonctions de la codification

Nous avons déjà observé que la codification améliore les capacités de mémoire et de transfert des connaissances. Avec l'apparition de la codification, écrit Goody [1977], le problème de la mémoire cesse de dominer la vie intellectuelle : « La recette écrite permet de remplir partiellement le vide laissé par l'absence de la grand-mère qui est restée au village » [Goody, 1977]. Le terme « partiellement » est important. La codification mutile la connaissance ou bien celle-ci défie la codification. Ce qui est écrit n'est pas la connaissance complète ; c'est un programme d'apprentissage qui aide à reproduire la connaissance. Dans différents cas (la recette de cuisine, le manuel d'opération d'une machine), ce programme d'apprentissage est relativement complet, la reproduction de la connaissance se faisant presque sans effort ; dans

d'autres cas, il est très insuffisant, presque inutile comme dans le cas déjà évoqué du livre pour apprendre à jouer au tennis. La reproduction de la connaissance passe alors essentiellement par l'entraînement, l'exercice et la simulation des situations.

À la recherche de la singularité de la codification

Cependant, cette première fonction de renforcement des capacités de mémoire et d'apprentissage n'est pas suffisante pour conférer à la codification un caractère unique. On peut en effet entretenir des capacités de mémorisation efficace sans l'aide de la codification. Dans les sociétés orales, de multiples procédés cognitifs et techniques de mémorisation assurent le stockage des savoirs, tant chez l'individu qu'au sein d'une société tout entière. Par ailleurs, les propriétés économiques de la connaissance codifiée (coût fixe élevé, coût marginal faible) sont aussi valables pour les documents audiovisuels permettant d'enregistrer et conserver un script (forme c). À cet égard, la connaissance codifiée semble perdre sa singularité comme mode d'expression de la connaissance propice au stockage et à la transmission. Les films et autres enregistrements peuvent être classés, répertoriés et retrouvés aussi efficacement que les documents écrits.

La codification reste cependant unique en ce qu'elle constitue par elle-même un instrument de création de nouveaux savoirs. Elle crée des possibilités cognitives nouvelles, qui sont impensables lorsque la connaissance reste attachée à un individu et ne peut être qu'entendue (quand la personne raconte) ou vue (quand la personne fait). L'inscription (écriture, graphisme, symbolisme) rend possible d'examiner autrement, de réarranger, d'isoler des éléments, de combiner et de classer. Elle fournit un dispositif spatial de triage et de traitement de l'information. Ainsi, de nouveaux objets de connaissance apparaissent, tels que la liste, le tableau, la formule. Par exemple, cette dernière, qui permet de mener à bien des raisonnements mathématiques, est fondée sur la visualisation des opérations et la manipulation dans l'espace. La parole seule en est incapable. Les objets de connaissance dérivés de la codification (de la mise en espace du savoir) ouvrent des possibilités cognitives nouvelles : classification, taxonomie, réseau arborescent, simulation. La codification transforme le langage parlé ou gestuel ; elle en extrait et abstrait les éléments constitutifs, elle permet de procéder à des examens rétrospectifs. De fait, la codification, si elle a toujours pour fonction première la conservation, n'est pas toujours conservatrice : elle fut la condition

préalable du progrès rapide des connaissances et reste l'instrument majeur de la dynamique des savoirs. Comme le dit si bien Goody [1977], à qui l'on doit l'ensemble de ces observations, « si l'on accepte de parler d'une pensée sauvage, voilà ce que furent les instruments de sa domestication ».

L'évolution des modèles et des langages par lesquels les scripts sont codifiés va régir la puissance de la codification en tant qu'instrument cognitif : la recette écrite, en dépit de la simplicité relative de la formulation du script, a déjà certaines vertus cognitives. Comme l'observe Goody, la première pharmacopée écrite est enrichie de commentaires et d'additions — processus cognitif impossible à réaliser quand la recette reste au stade de l'expression orale. Les stades suivants d'évolution des modèles et des langages — modélisation d'interactions structurées, création de mondes virtuels, hypertexte — constituent autant de formes nouvelles qui engendrent de nouvelles opportunités cognitives.

La codification a toujours présenté deux facettes — c'est un état dans lequel la connaissance (le script) est présentée, propice au stockage et à la transmission ; c'est un outil de construction de nouvelles connaissances. En cela, elle est unique et se trouve au cœur de l'essor des économies fondées sur la connaissance.

Les transformations contemporaines de l'économie de la reproduction de la connaissance

La reproduction de la connaissance par la codification connaît un essor significatif grâce aux TIC. Celles-ci réduisent les coûts directs de codification liés à l'impression (ordinateurs et imprimantes, logiciels graphiques, etc.). Deuxièmement, en suscitant l'élaboration de nouveaux langages (intelligence artificielle), elles élèvent considérablement la capacité de modélisation des phénomènes complexes et permettent l'automatisation d'opérations de moins en moins routinières [Foray et Steinmueller, 2003a]. Enfin, les TIC élèvent l'incitation à codifier puisque les réseaux électroniques de communication constituent l'instrument privilégié par lequel les connaissances codifiées vont circuler. Comme le disent Abramovitz et David [2001], la codification est devenue à la fois la cause et la forme la plus commune de l'expansion des bases de connaissance.

V / **Connaissance : bien public et problème d'appropriation**

Dans ce chapitre, nous étudions la nature et les implications de la connaissance comme bien public et nous évoquons les principales stratégies que les agents et les organisations peuvent mettre en œuvre pour surmonter le problème de l'appropriation imparfaite des bénéfices que l'on est en droit d'attendre des investissements réalisés dans la production du savoir.

La connaissance : un bien public

Les biens dont la substance permet qu'ils soient utilisés simultanément pour le bénéfice d'un nombre infini d'agents sont souvent définis comme non rivaux dans l'usage [Romer, 1990] ou bien comme ayant la propriété d'être expansible à l'infini : même si le coût de la première utilisation peut être très élevé puisque celui-ci inclut le coût de production, la multiplication de l'usage du bien n'impose qu'un coût incrémental négligeable, puisqu'il n'est pas nécessaire de « fabriquer » d'autres copies pour satisfaire les usages suivants. Cette caractéristique a été décrite dans notre introduction. Une seconde propriété aussi évoquée concerne la difficulté de vouloir conserver un savoir de façon exclusive, tout en l'utilisant. Même s'il est toujours possible de conserver un secret, la production d'un résultat visible grâce à ce savoir révélera au moins qu'une méthode existe pour obtenir ce résultat.

Certes, de nombreuses nuances devraient être apportées à la façon dont ces deux propriétés s'appliquent. Ainsi, une connaissance a bien un coût d'utilisation qui est celui de l'apprentissage de la personne ; laquelle ne pourra mettre en œuvre un savoir que si elle est correctement et adéquatement formée. Cependant, le fait que le développement de capacités humaines pour utiliser les

connaissances entraîne un coût fixe ne change en rien la proposition fondamentale que la réutilisation du savoir ne l'épuise pas ni n'impose un coût supplémentaire (marginal) significatif.

Aussi, la difficulté à conserver la possession exclusive d'une connaissance tout en l'utilisant doit être nuancée. La plupart des savoirs ne se présentent pas initialement sous la forme d'un ensemble d'instructions codifiées qu'il suffirait de suivre pour réussir l'opération considérée. La dimension tacite est importante et représente un moyen de contrôle naturel. Cependant, celui-ci sera érodé au fur et à mesure que l'on procède à la codification « complète » du savoir.

Ces deux propriétés — non-rivalité dans l'usage et difficulté de la possession exclusive — définissent ce que les économistes appellent un « bien public ».

La connaissance comme bien public : quelle signification ?

Le terme « bien public » est certes familier ; il est cependant le lieu et l'occasion de nombreuses incompréhensions entre les disciplines voire au sein de la profession des économistes. Un juriste, un politologue auront des définitions du bien public qui ne correspondent en rien à celle de l'économiste. Celle-ci ramène toujours aux deux propriétés énoncées ci-dessus. Ces propriétés n'impliquent pas que ce bien ne puisse être produit par un agent privé ; ni qu'il doive être nécessairement fourni par l'État. Le bien public, dans cette acception économique, ne correspond pas à la *res publica* — l'ensemble des biens et ressources qui sont dans le domaine public. La notion économique de bien public implique que les marchés concurrentiels ne seront pas efficaces pour allouer des ressources à la production et à la distribution de ce type de bien. Les domaines où les marchés engendrent une allocation efficace de ressources sont ceux où les coûts et les bénéfices incrémentaux engendrés par l'usage d'un bien sont imputés aux utilisateurs. Dans le cas d'un bien public, de telles imputations ne sont pas automatiques et sont spécialement difficiles à organiser dans des conditions concurrentielles. Un agent engagé dans la production d'un savoir peut donc s'attendre à ne pas pouvoir récupérer l'ensemble des bénéfices engendrés par son effort. Le marché concurrentiel échouera donc à fournir des incitations suffisantes pour déterminer un niveau d'investissement, par exemple en recherche, socialement désirable. Des institutions seront nécessaires pour résoudre ce problème d'appropriabilité imparfaite ; celles-ci seront examinées au cours du chapitre VII.

Connaissance et croissance

La dynamique des connaissances anime la croissance économique puisqu'elle engendre l'innovation technologique (procédés, produits, organisations). Mais cette dynamique est d'autant plus effective que d'autres facteurs entrent en jeu [Baumol, 2002] : la connaissance est cumulative, elle se dissémine aisément (grâce aux propriétés de non-excluabilité et non-rivalité dans l'usage) et elle produit elle-même les conditions de l'amplification de ses effets (en contribuant à l'élévation de la richesse d'une économie, elle permet d'augmenter les ressources allouées à la production du savoir même si la part relative allouée reste constante).

Cumulativité et progressivité

Un bien non rival et difficilement contrôlable est un bien dont l'usage peut potentiellement se multiplier sans entrave. Cette propriété devient véritablement « miraculeuse » lorsqu'elle s'applique à un bien de capital productif ; ce qui est le cas de certaines connaissances. De nombreux savoirs sont les principaux inputs des recherches et des activités de création intellectuelle futures. C'est cette propriété qui fait que chaque chercheur, ingénieur et créateur est « juché sur des épaules de géant », pour reprendre la phrase fameuse souvent attribuée à Newton. Faraday en 1831, Maxwell (1875), Hertz (1887) et Marconi (1901) sont ainsi des noms fameux qui scandent une trajectoire de savoirs cumulatifs qui débouche sur l'invention fondamentale consistant à utiliser les ondes radio pour la communication longue distance [Rosenberg, 1992]. Mais la cumulativité peut être aussi beaucoup plus éparpillée, insaisissable et chaotique, associant des centaines (ou milliers) de contributions, visant par exemple au perfectionnement de tel logiciel.

Bien évidemment, la cumulativité des savoirs doit être nuancée. Celle-ci exige une sorte d'attitude positive des inventeurs qui souhaitent que le fruit de leur travail puisse être utilisé par d'autres pour continuer le chemin. L'alchimiste représente la figure opposée, qui montre que cette attitude positive n'était pas nécessairement adoptée par tous : « L'alchimie était une science qui ne progressait pas. Chacun avait à refaire tout ce que les autres avaient fait avant lui » [Rossi, 1999]. Agricola, ingénieur moderne de son temps (xvi^e siècle), se plaignait de trouver trop de livres employant des terminologies vagues et des énigmes qui permettaient à leurs auteurs de signaler leur contribution sans en révéler

la substance. On voit ainsi en négatif l'importance pour la cumulativité des savoirs de l'adoption de codes systématiques et de langages standards et de l'acceptation par tous de règles et de protocoles visant à établir la robustesse d'un savoir. Le facteur crucial est sans doute l'apparition d'une attitude générale positive envers l'usage futur que les générations suivantes feront des connaissances produites aujourd'hui. Cette conjonction d'éléments s'élabore à partir du xv^e siècle avec la certitude acquise par un certain nombre d'ingénieurs et de penseurs que la progressivité des savoirs, dans des domaines comme ceux de la mine et de la métallurgie, est une condition de l'expansion de l'économie. Ces penseurs critiquent les attitudes précédentes (celles de l'alchimiste) non pas à cause de leur recherche irrationnelle de la transmutation mais plutôt sur la base de l'absence de clarté, d'honnêteté et de productivité [Eamon, 1985; Long, 1991].

La science et la technologie modernes sont associées à des institutions, des attitudes et des infrastructures épistémologiques qui ont consolidé la cumulativité des savoirs.

Dissémination des savoirs et domaine public

La dissémination large et rapide des savoirs nouveaux et « supérieurs » est une condition fondamentale d'accroissement de l'efficacité des activités de production de connaissance et d'innovation. Sur le plan des processus de recherche, elle permet une validation rapide des découvertes, une réduction de la duplication des efforts de recherche, un élargissement du domaine des complémentarités et des *spillovers* potentiels entre programmes de recherche [David et Foray, 1995].

Dans le cadre d'une industrie ou d'un secteur, elle accélère l'adoption des meilleures techniques. Plus les firmes et pays parviendront à adopter rapidement la technologie nouvelle, plutôt qu'être limités à l'utilisation de technologies inférieures, plus les bénéfices en termes de croissance seront larges. Si une seule firme possède la meilleure technologie, tandis que les autres mettent en œuvre des technologies moins efficaces, la situation est moins bonne que celle où toutes les firmes ont accès à la meilleure technique. La dissémination rapide n'est donc pas un facteur mineur pour l'efficacité du processus de croissance économique [Baumol, 2002].

L'efficacité des activités innovatrices dépend ainsi fondamentalement de la collection de savoirs publics qui forment les briques principales des innovations. Jaffe [1989] estime par exemple

l'élasticité de la productivité de la R&D industrielle relativement à un accroissement de la recherche publique. Il trouve une corrélation positive entre ces deux éléments et observe donc que la connaissance publique engendre à proximité une augmentation des rendements privés des investissements en R&D. Sur un échantillon de soixante-seize firmes américaines, Mansfield [1995] montre aussi l'importance économique des nouveaux produits qui n'auraient pu voir le jour sans la contribution de la recherche publique. Toole [1999] estime que l'accroissement de 1 % du stock de recherche publique dans le domaine pharmaceutique engendre un accroissement de 2 % environ du nombre de nouveaux composants thérapeutiques commercialisés après un certain délai.

Bien sûr, la dissémination des nouveaux savoirs peut se faire sur la base de la propriété privée. Baumol observe ainsi que la dissémination des nouveaux savoirs n'a jamais été aussi grande et que ceci est dû aux vertus du marché de la technologie (voir chapitre VIII). Il prédit que ce marché peut fonctionner efficacement sous des conditions relativement simples (qui renvoient à la formation du prix). En outre, les firmes peuvent mettre en commun leur savoir privé en constituant un pool de brevets ou en instaurant des accords de licences croisées; chacun pouvant « se servir » dans la mesure où il contribue au stock de savoirs collectifs. Les coûts de transaction sont réduits dans ce cas [Grindley et Tecca, 1997].

Il est cependant évident que l'innovation fondée sur la recombinaison des savoirs devient alors beaucoup plus coûteuse voire impossible. Comme le disait presque poétiquement le directeur de l'Institut européen de bio-informatique, « les découvertes viennent souvent de voyages imprévus dans l'espace d'information » [Cameron, 2001]. Si cet espace est composé de trop nombreuses parcelles privées, le voyage devient coûteux, voire impossible et c'est la base de connaissance qui s'en trouve soudain rétrécie. En favorisant un accès libre et gratuit, le domaine public reste donc un instrument privilégié pour accomplir cette dissémination. Le terme domaine public ne signifie pas nécessairement domaine « contrôlé par l'État » mais plus largement les zones où la propriété privée exprimée sous la forme d'un droit à exclure ne s'applique pas (chapitre VII).

L'essor des externalités de savoirs (spillovers)

Certains savoirs constituent donc un facteur de production (cumulativité) ; lequel est non excluable et a en outre cette propriété étonnante d'expansion infinie. En produisant un savoir, on crée donc un potentiel d'explosion combinatoire. Certaines conditions sont nécessaires pour le réaliser (codification, coût fixe de formation des agents, « équipements épistémiques » pour assurer la cumulativité). Ces conditions sont en règle générale bien établies dans le cadre des économies fondées sur la connaissance. Elles sont également renforcées par les TIC, dont on a déjà vu les vertus en tant qu'instrument du savoir (chapitre II). Le lien entre production de connaissance et croissance en est considérablement renforcé. La croissance massive des externalités de savoir est certes atténuée depuis quelques décennies par certaines formes de privatisation de la connaissance (chapitre VII) ; elle n'en reste pas moins évidente et fondamentale sur la longue durée.

L'appropriation de la connaissance

Sur le plan théorique, l'accès libre correspond à la maximisation de l'efficacité statique de l'utilisation des savoirs puisqu'il permet d'égaliser le prix (0) au coût marginal de reproduction (négligeable). Il n'y a pas de perte sèche (voir encadré ci-contre). Mais le point de vue dynamique est différent. Qui souhaiterait investir des ressources dans la production de savoir, si celui-ci est immédiatement disponible pour tous ? Cette question est celle de l'appropriation.

Le problème de celui qui produit un savoir nouveau n'est pas nécessairement de freiner sa diffusion afin d'en conserver le contrôle exclusif pour obtenir une rente. Ceci est une solution à un problème plus général qui est précisément celui de l'obtention de la rente produite grâce à l'effort d'invention [Scotchmer, 2004]. Or de nombreuses voies sont possibles.

La recherche de la possession exclusive

Cette première alternative se décompose elle-même en plusieurs possibilités. Cependant, la proximité analytique de ces possibilités repose sur la possibilité de fixer un prix supérieur au coût et donc de récupérer une rente ; ceci grâce au caractère unique de l'offre (encadré ci-contre).

Nouvelle connaissance, innovation et formation des prix

Dans les conditions de la concurrence et pour autant que la firme A réalise un profit important en vendant son nouveau produit p , d'autres firmes auront tendance à entrer, sauf si quelque chose les en empêche. L'entrée de nouvelles firmes va réduire le prix et les profits jusqu'au point où les prix rejoignent le coût marginal de production et les profits deviennent nuls. Lorsque le coût marginal de production est très faible (effets d'échelle, technologies de production efficaces appliquées à la production d'un bien non rival, par exemple digital), le prix peut donc être négligeable. On observe cependant un effet de marque ou de réputation qui peut permettre au produit bénéficiant de cet effet d'être vendu à un prix un peu plus élevé (effet typique de la concurrence entre médicaments « de marque » et médicaments génériques).

Pour être en mesure de « faire son prix », la firme A ou la firme B innove et propose un produit « unique ». Elle crée une situation dans laquelle elle est « libre » de choisir le prix qu'elle

souhaite mais plus le prix sera élevé, plus la quantité demandée sera faible. Elle choisira de maximiser le revenu marginal de sa position de monopole. En principe, le monopole voudra fixer des prix différents en fonction des conditions de la demande (de l'élasticité prix de la demande de différentes catégories de consommateurs ou de pays), en vue de maximiser son profit (voir chapitre VII).

La discrimination des prix, conformément à la règle de Ramsey, postule que lorsque la présence d'économies d'échelle implique que la tarification au coût marginal rend l'activité non profitable, une discrimination de prix fondée sur les différences d'élasticité prix de la demande de différentes catégories de consommateur élève l'efficacité allocative. C'est le cas typique de la connaissance, caractérisée par des formes extrêmes de coût marginal décroissant quand l'échelle de l'usage augmente.

Enfin, la firme A voudra protéger sa position en excluant les concurrents de la production et la commercialisation du nouveau produit. Empêcher l'imitation ou au moins la retarder est un enjeu important pour empêcher le retour trop rapide d'une concurrence par les prix qui fera baisser à nouveau ceux-ci vers le coût de production.

La première possibilité consiste à préserver ses « secrets de fabrique » en prenant appui sur un dispositif juridique : le secret commercial.

La possibilité suivante consiste à revendiquer une possession exclusive, après avoir fourni la preuve que l'on est bien l'inventeur, en mobilisant un dispositif juridique (droit de propriété intellectuelle) ou un dispositif social (propriété intellectuelle reconnue et renforcée dans le cadre du fonctionnement d'un groupe de pairs, sans recours à l'arsenal juridique). Dans ces deux cas, l'appropriation repose sur l'existence d'un régime de propriété, juridiquement ou socialement établi.

Cependant, la possession exclusive peut aussi être fondée sur la simple difficulté à copier l'invention. Le processus d'imitation est

une activité complexe qui prend du temps, les connaissances tacites sont difficiles à reproduire (chapitre IV) et l'offre de copies ne se constitue pas instantanément. C'est pourquoi être le premier inventeur signifie bénéficier au moins temporairement d'une possession exclusive. Avoir la première copie est un actif qui commande un prix positif même dans le cadre d'un marché concurrentiel [Boldrin et Levine, 2002]. Ce prix reflète la valeur présente des futurs flux d'utilité marginale pour les « consommateurs impatientes ». L'inventeur récupère le bénéfice de son invention durant la seule période où l'offre de copies n'est pas encore disponible. L'équilibre concurrentiel incluant un prix positif sur la première copie est donc compatible avec la non-restriction de l'offre de copies supplémentaires.

La stabilité de l'équilibre caractérisé par une absence de contrôle sur l'imitation et la reproduction de l'invention par d'autres est cependant conditionnée par deux facteurs. Premièrement, l'imitation est complexe et coûteuse pour que la période d'appropriation par l'inventeur soit suffisamment longue [Samuelson et Scotchmer, 2001].

Deuxièmement, pour certains biens dont une fonction essentielle est de conférer un statut, une position sociale (vêtements, autres biens de consommations), c'est l'imitation qui relance la demande de nouvelles créations. L'imitation est donc par elle-même, assez paradoxalement, une incitation à l'innovation [Rausitala et Sprigman, 2006]. L'équilibre caractérisé par l'absence de contrôle sur l'imitation en est renforcé.

Retirer des bénéfices d'une libération de la connaissance

Libérer la connaissance ne signifie pas la « vendre » sur un marché; stratégie qui est directement dérivée d'une possession exclusive obtenue grâce à un droit de propriété. Libérer signifie (aban)donner cette connaissance, la céder sans contrepartie directe, sous des formes en outre qui la rendent utilisable par d'autres. Ces stratégies sont des stratégies d'appropriation quand la libération de la connaissance procure des bénéfices à celui qui la détenait. On peut citer notamment les stratégies industrielles d'entreprises qui souhaitent imposer leur nouvelle technologie en tant que standard de marché et pour cela doivent persuader les autres de l'adopter (la meilleure persuasion consistant à céder celle-ci gratuitement). Il y a aussi le cas où divulgation et révélation de la connaissance déterminent la formation d'un capital de réputation, qui pourra ensuite être valorisé sous de multiples

formes (récompense scientifique, subvention de recherche mais aussi offre d'emploi). Ce cas est celui de la publication scientifique ou encore celui de la contribution technologique gratuite d'un développeur de logiciel à un projet commun.

Dans certains cas, l'inventeur est aussi celui qui bénéficie d'une information exclusive portant sur d'éventuels changements de prix relatifs qui seraient consécutifs à l'application généralisée de l'invention. Un exemple caricatural serait l'inventeur du moulin à eau qui devine que la diffusion de son invention déterminera une augmentation de la valeur des terrains traversés par un cours d'eau. Il lui reste donc à acquérir tous ces terrains, *avant* de révéler son invention et de la généraliser [Hirschleifer, 1971].

Les actifs complémentaires

L'appropriation des bénéfices peut être aussi assurée par le contrôle non pas de la nouvelle connaissance elle-même, mais des facteurs qui en permettront l'exploitation. Les capacités de production du nouveau produit quand la fabrication de celui-ci requiert un assemblage de compétences complexes et l'accès au marché sont les principaux actifs complémentaires [Leece, 1986]. Dans certains cas, la connaissance est relativement facile à imiter mais les actifs complémentaires sont difficiles à maîtriser.

La solution de Coase appliquée à l'appropriation des savoirs

Tout problème d'externalité en économie, observe Coase, n'est pas un problème unilatéral (que l'on pourrait réduire en agissant sur le profiteur) mais un problème bilatéral entre une entité qui produit l'externalité et celle qui la reçoit (en bénéficie ou en souffre). La création d'un club entre l'émetteur et les profiteurs potentiels — lesquels contribuent alors à l'effort de recherche — permet d'internaliser l'externalité et donc de réduire le problème d'appropriation. Il ne s'agit donc pas de contrôler la connaissance et d'en réduire la diffusion mais plutôt de réduire la taille de l'externalité en élargissant le périmètre au sein duquel la connaissance est volontairement partagée. Cette solution est intéressante tant que les coûts de transaction associés à la formation du club ne sont pas trop élevés et que le risque de monopolisation n'est pas avéré. Cependant, les coûts de transaction augmentent avec le nombre de participants, ce qui interdit de rassembler un très grand nombre de partenaires. Or les externalités peuvent être très larges et déborder le périmètre local du club.

L'appropriation de la connaissance perturbée par de nouvelles tendances

De nombreuses évolutions troublent et altèrent les différents modes d'appropriation que nous venons d'évoquer. Ainsi, la méthode d'appropriation qui repose sur le fait que la copie est difficile et prend du temps est sans aucun doute mise en danger par les nouvelles TIC. Elle a été ébranlée d'abord, dans le cas des œuvres écrites, par la possibilité de créer des copies parfaites. Auparavant, la position de premier auteur était aussi protégée par le fait que les copies étaient de mauvaise qualité et que les copies de copies étaient encore plus médiocres puisque les erreurs faites dans la transcription étaient cumulatives [Plant, 1934]. L'incapacité à faire des copies parfaites donnait donc au possesseur de la copie originale une exclusivité, même après que l'imitation a opéré. Au temps de l'écriture manuelle et des moines copistes, la piraterie ne pouvait être que limitée. Ce fut d'ailleurs une raison déterminante de l'opposition de certains à l'introduction de l'imprimerie, « qui place le destin des œuvres dans des mains mécaniques pour les vendre à des inconnus ». Par la vertu du manuscrit et de la copie manuelle, les auteurs espéraient conserver le contrôle de leur œuvre en ne la diffusant qu'au sein de la « communauté scribale » [Love, 1993]. Aujourd'hui, les copies de copies sont parfaites et, dans un certain nombre de domaines (les biens digitaux), leur production est instantanée. De vastes secteurs apparaissent donc où la stratégie d'appropriation fondée sur l'avance et la difficulté à copier n'a plus cours pour des raisons purement technologiques.

D'autre part, la création de connaissance opérée collectivement rend la mise en œuvre des méthodes d'attribution des droits de propriété de plus en plus délicate à effectuer. L'historien R. Chartier suggère ainsi l'hypothèse d'un droit d'auteur simple parenthèse dans l'histoire, apparaissant entre le ^{xvi}e et le ^{xviii}e siècle et s'éteignant aujourd'hui à l'heure du livre électronique. Les textes électroniques sont ouverts, malléables et polyphoniques : se dissout ainsi ce qui permettait de reconnaître une œuvre comme singulière et donc d'en revendiquer la propriété. « Comment reconnaître l'identité perpétuée d'une œuvre dans un support technique qui ne donne ni frontières ni identité stables au texte ? » Les problèmes ne concernent pas seulement l'attribution singulière d'une œuvre mais aussi la protection de son intégrité : le droit d'auteur semble désarmé quand, pour reprendre l'expression du même auteur, le lecteur n'écrit plus simplement dans les marges mais dans le texte lui-même, ce que permet le livre électronique.

Le dilemme de l'appropriation

En fonction du mode d'appropriation, le dilemme entre la création d'incitations en faveur du créateur et la maximisation de la dissémination du savoir se durcit ou bien s'adoucit. Quand l'appropriation privilégie la possession exclusive et est fondée sur l'obtention et la mise en œuvre d'un droit légal d'exclure, le dilemme paraît presque insurmontable (comment élargir le domaine de dissémination quand la possession exclusive du savoir est revendiquée légalement ?) et les solutions disponibles résultent de l'imperfection même du mécanisme d'appropriation ou de dispositifs compliqués qui viennent se surajouter au droit légal d'exclure et ont aussi un coût. Quand, en revanche, l'appropriation est intimement associée à la libération de la connaissance, on approche d'une solution de premier rang où le dilemme disparaît — les incitations à créer et les incitations à disséminer étant parfaitement alignées. Le dilemme exploré au cours de ce chapitre est au cœur du problème de conception des institutions qui régissent la production et l'allocation des savoirs. Nous les traiterons dans le chapitre VII.

VI / Le développement inégal des secteurs

Le fait que les secteurs peuvent être caractérisés en fonction de leur appartenance ou non à l'économie de la connaissance doit être rapproché de l'argument de Baumol selon lequel il y a dans notre économie des secteurs progressifs (dans lesquels la productivité augmente de façon continue) et des secteurs non progressifs (où la croissance de la productivité est sporadique et bien moins importante). Ce rapprochement vient de ce qu'une bonne partie de la « maladie de Baumol » peut être expliquée par la persistance, dans les secteurs en souffrance, de processus de création et de distribution des savoirs qui fonctionnent mal.

Un retour sur la « maladie de Baumol »

Il est possible de distinguer parmi les secteurs non progressifs ceux qui sont *intrinsèquement* non progressifs et ceux qui sont *structurellement* non progressifs. Dans le premier cas, les limites de la croissance de la productivité sont inhérentes à la substance même de l'activité; elles sont inscrites dans ses codes. C'est l'exemple fameux du secteur du spectacle vivant [Baumol et Bowen, 1965] : il y a certes des possibilités d'accroissement de la productivité (le transport aérien par exemple augmente la productivité de l'orchestre symphonique) mais cet accroissement butera toujours sur le fait qu'il n'est pas question de jouer Mozart plus vite ou d'interpréter Molière avec moins d'acteurs ! Au contraire, les secteurs structurellement non progressifs sont ceux où les problèmes de productivité ne sont pas inhérents aux codes de l'activité mais correspondent à des problèmes structurels, en particulier liés aux modes de création et d'exploitation des savoirs et aux processus d'innovation. Par exemple, rien dans les « codes » du

secteur de l'éducation n'indique qu'il faille consacrer tant d'heures à l'apprentissage de la lecture pour les élèves de 7 ans; rien dans les codes du secteur de la gastronomie ne dit que la cuisson d'un soufflé au fromage doit durer trente minutes. Ces prescriptions, éducatives ou culinaires, sont des recettes, établies compte tenu d'un certain état des connaissances et qui peuvent donc évoluer.

Les secteurs intrinsèquement non progressifs sont ceux dans lesquels le « travail vivant » lui-même est le produit et ne peut donc être l'objet d'une rationalisation par le biais du changement technologique. Nous les laissons maintenant de côté pour nous tourner vers les secteurs structurellement non progressifs. Ce sont ces derniers qui peuvent se transformer du point de vue des modes de production et de circulation des connaissances et basculer à un certain moment dans la catégorie des secteurs progressifs. La question essentielle est donc relative aux conditions structurelles qui prédisposent à être un secteur progressif et aux différentes transitions possibles.

Une transition vers l'économie de la connaissance : l'exemple de la médecine

La frontière entre les secteurs progressifs et structurellement non progressifs n'est pas fixée une fois pour toutes. L'évolution des secteurs non progressifs qui changent leur processus d'innovation et leur mode de gestion des savoirs représente une logique essentielle du changement structurel au niveau sectoriel. Dans certains cas, cette évolution est évidente car les opportunités offertes par le changement technologique sont claires et il n'y a pas d'autre alternative pour les organisations et les individus que d'adopter les nouvelles méthodes de production et de gestion des savoirs (la nouvelle « culture épistémique »). Dans d'autres cas, l'évolution est difficile et le fait qu'un changement radical de culture épistémique soit nécessaire à la progressivité du secteur n'est pas évident.

Le cas de la médecine est une bonne illustration de la transformation lente mais inexorable d'un secteur du point de vue de l'économie de la connaissance. M. Tubiana l'explique fort bien dans ses Mémoires publiés récemment. Il nous parle des années 1950 où l'*evidence-based medicine*, apparue aux États-Unis, va se constituer lentement en Europe : « L'important était de fonder recherche et pratique quotidienne de la médecine dans une démarche commune, de sortir d'une époque où chaque médecin traitait ses malades en fonction de son inspiration du moment. Certes, certains d'entre eux avaient des résultats remarquables en raison de leur flair, de leur expérience. Mais le niveau général était consternant [...]. En 1950, les voies du progrès apparaissaient clairement : il fallait faire de

chaque malade une source d'inspiration et d'information et pour cela avoir un diagnostic robuste et un suivi suffisamment long. Il fallait ensuite regrouper les malades en séries homogènes afin de rechercher pourquoi les réactions de certains malades sont différentes, tout en n'excluant aucun malade afin de ne pas fausser l'analyse statistique des résultats [...]. On avait appris à codifier les examens et les traitements, on avait éliminé les examens biologiques de peu de valeur et les traitements peu efficaces grâce à une évaluation critique des résultats et aux essais cliniques. Cette évolution s'est faite en quelques décennies au milieu de controverses, mais sans convulsions car la puissance des méthodologies modernes raccourcit les débats » [Iubiana, 2008, p. 217]. Les exemples de secteurs basculant dans l'économie de la connaissance sont nombreux ; les plus récents appartenant sans doute au domaine des services commerciaux dans lesquels les entreprises ont su associer au déploiement des TIC de nouvelles formes d'organisation et de gestion des ressources humaines (et notamment la gestion des savoirs) ; si bien que l'augmentation du capital TIC couplée à la transformation du capital organisationnel a joué un rôle majeur dans l'accélération de la productivité du travail après 1995 [Triplett et Bosworth, 2003].

Conditions structurelles favorables

Les conditions structurelles permettant aux secteurs de devenir intensifs en connaissance et donc progressifs relèvent des registres suivants [Nelson, 2005] :

- les modes de progression et d'avancement des savoirs pratiques et des savoir-faire (relatifs au « métier considéré ») : la capacité à réaliser des expérimentations de qualité (chapitre III) et à en retirer rapidement des enseignements pour l'avancée des connaissances pratiques est un point essentiel ;

- l'identification et la compréhension des facteurs qui sont à l'origine des performances individuelles ou collectives : dans certains secteurs, les microfondations de la performance sont observables, bien spécifiées, analytiquement comprises et reproductibles. Ceci permet la codification des meilleures pratiques, facilite leur transmission et entraîne une grande progressivité des savoirs dans le secteur considéré (chapitre IV) ;

- la capacité à s'appropriier les bénéfices des innovations sur les savoirs pratiques et les savoir-faire, en tant qu'incitation fondamentale à l'engagement individuel ou collectif dans la recherche de meilleures solutions (chapitre V).

Le cas de l'éducation

Nos travaux, en collaboration avec D. Hargreaves, expert en sciences de l'éducation à l'université de Cambridge (en Grande-Bretagne) [Foray et Hargreaves, 2003], ont montré en quoi ces conditions étaient extrêmement difficiles à réunir dans le cas du secteur de l'éducation. Dans ce secteur, les fondations de la performance ne sont que faiblement comprises et le recours aux notions de talent, de don et d'inspiration est systématique pour expliquer pourquoi tel professeur obtient de meilleurs résultats. Elmore [1996] observe le rôle de cette croyance selon laquelle un enseignement de qualité reflète essentiellement un talent individuel et non pas un ensemble de compétences professionnelles acquises au cours d'une carrière. De fait, les savoirs pratiques restent excessivement tacites et la transmission des solutions identifiées comme supérieures est faible. Autrement dit, certains mécanismes importants de l'économie de la connaissance qui sont à la base dans d'autres secteurs de la cumulativité des savoirs et de l'abondance des *spillovers* sont ici absents. C'est évidemment une source d'inefficience : « Le débutant dans l'enseignement doit "recommencer à zéro" ; sans avoir été informé sur les solutions et les approches alternatives permettant de résoudre les problèmes pratiques quotidiens » [Foray et Hargreaves, 2003].

Par ailleurs, il s'agit d'un secteur où la recherche de solutions supérieures sur une base expérimentale est difficile à réaliser. L'expérimentation contrôlée n'est pas impossible mais se heurte à de nombreux problèmes. Pour reprendre un très bon article de Berliner [2002], la recherche en éducation est la science la plus difficile. En jouant sur les mots, il observe que la dichotomie entre *hard science* et *soft science* devrait céder la place à celle qui distingue les *hard-to-do sciences* par rapport aux *easy sciences*. L'ingénierie mécanique, par exemple, relève de la seconde catégorie tandis que la science de l'éducation appartient à la première car de nombreux facteurs ne peuvent être contrôlés et la généralisation d'un résultat est toujours limitée. Ainsi, la R&D en éducation ne produit que fort peu de solutions pratiques [Murnane et Nelson, 1984] : « Aux yeux des enseignants novices, les problèmes pratiques rencontrés dans la classe ne sont pas considérés comme pouvant être résolus en faisant appel aux savoirs scientifiques (psychologie de l'éducation par exemple) qui ont été acquis à l'université » [Murnane et Nelson, 1984].

Enfin, les incitations dans ce secteur ne sont que faiblement orientées vers l'innovation pour différentes raisons dont l'analyse dépasse largement l'horizon de cet ouvrage.

L'éducation n'est pas un secteur progressif au sens de Baumol. Mais il ne semble pas être intrinsèquement non progressif. Il est plutôt caractérisé par un certain nombre de conditions structurelles qui freinent la dynamique et la progressivité des savoirs. Cependant, les changements structurels nécessaires n'ont rien d'évident; il n'y a pas d'évidence du progrès scientifique et technique, comme dans le cas de la médecine, et les conflits de cultures épistémiques sont importants.

Une question fondamentale

On peut finalement se demander si, à l'image de la médecine d'il y a cinquante ans, le secteur de l'éducation est simplement « en retard » et les problèmes structurels identifiés peuvent être résolus; ce qui aidera ce secteur à transformer les modes de production et d'utilisation du savoir pour basculer en fin de compte dans la partie progressive de l'économie. C'est en tout cas l'hypothèse de la politique américaine qui, dans le cadre du *No Child Left Behind Act*, a entrepris de révolutionner la recherche et l'innovation dans ce secteur, en subventionnant massivement la recherche de type « clinique » et en incitant les enseignants à recourir aux bases de données et aux répertoires de solutions pédagogiques et pratiques reconnues scientifiquement comme supérieures [Cook et Foray, 2007 ; Angrist, 2004].

Ou bien le caractère non progressif du secteur est irréductible à une question de retard dans la logique d'avancée des connaissances. Ce secteur possède une logique de création et transmission des savoirs entièrement différente du modèle dominant; lequel est fondé essentiellement sur la sélection des meilleures pratiques et techniques sur une base expérimentale, la codification des connaissances ainsi sélectionnées et l'incitation à innover. Il est permis de penser que le succès de la logique dominante, qui a permis aux secteurs technologiques de réaliser des progrès de productivité étonnants, a contribué à masquer en partie le fait que d'autres modes d'articulation entre science et technologie et d'autres logiques de transmission des savoirs pourraient exister. Les reconnaître pour les perfectionner permettrait d'améliorer les modes d'avancement des savoirs pratiques dans ce type de secteur [Foray *et al.*, 2007].

VII / Institutions pour la production et la distribution des savoirs

La connaissance a été définie comme un bien public. Ceci implique que le marché privé concurrentiel ne fonctionnera pas correctement en matière d'allocation de ressources à la production et à la distribution de la connaissance. La correction de ce problème fera l'objet de la première section. Nous accorderons ensuite une place particulière à la propriété intellectuelle, avant de dire quelques mots des nouvelles formes institutionnelles qui prennent en quelque sorte le contre-pied de la propriété intellectuelle tout en assurant des taux élevés d'innovation.

Défaillances du marché et solutions institutionnelles

Notre développement sur la connaissance comme bien public a montré que celle-ci pouvait être sujette à une sous-production chronique dans le contexte d'un marché privé concurrentiel. Le problème brièvement évoqué était celui de l'appropriabilité imparfaite des bénéfices potentiellement réalisables. D'autres difficultés peuvent venir aggraver le problème de sous-production chronique.

Ainsi, la valeur de certains types de connaissance est plus conjecturale et peut donc être sous-estimée par les firmes qui renonceront alors à des projets trop incertains. La recherche de base implique un temps de gestation plus long que celui qui correspond à la recherche appliquée. Si le taux privé d'actualisation excède le taux social (car les agents sont myopes ou bien le marché du capital est imparfait), ce type d'investissement sera difficilement réalisé par le marché [Arrow, 1962a].

Un autre problème apparaît dans le cas où l'inventeur et le financier sont des entités différentes : l'écart entre le taux de rentabilité satisfaisant l'inventeur et celui exigé par un investisseur

extérieur peut être important. De ce fait, certains investissements n'auront pas lieu car le coût du capital est trop élevé alors qu'ils auraient satisfait au critère de rendement privé si les fonds étaient disponibles à un taux d'intérêt normal [Hall, 2007].

Ces différents problèmes empêchent le marché privé concurrentiel de parvenir à une allocation optimale des ressources tant en général que pour des projets particuliers.

Entre incitation et accès

Le problème principal de conception institutionnelle provient de ce que la création d'incitation n'est qu'un élément du *design*. S'il s'agissait du seul objectif, on pourrait par exemple décider d'accorder un monopole permanent sous la forme d'un droit de propriété infini. Mais un autre objectif doit entrer en ligne de compte ; il s'agit de l'accès et de la dissémination.

La diffusion et l'accès rapide aux nouvelles connaissances sont des facteurs importants de l'innovation, de la croissance et du bien-être. En outre, le coût marginal de la réutilisation d'une connaissance étant nul, rien ne devrait s'opposer économiquement à la diffusion la plus large possible. Mais, si cette diffusion, socialement désirable, s'opère trop rapidement et largement, on se trouve face au problème d'appropriation abordé précédemment : pourquoi une firme consacrerait des efforts importants à la production de connaissance si les autres, sans rien faire, peuvent y accéder rapidement ?

Les principales institutions pour la production et la distribution du savoir sont en quelque sorte « profilées » par cette tension et leur efficacité doit être évaluée en termes de la qualité et de l'efficacité des compromis élaborés entre les deux exigences contradictoires que l'on vient d'exposer.

La théorie moderne de l'allocation de ressource pour la production d'un bien public suggère trois solutions possibles à notre problème [David, 1993; Dasgupta, 1988].

Les trois solutions institutionnelles

La première solution implique l'engagement direct de l'État dans la production des connaissances. Le problème de l'accès libre à ces savoirs est réglé au cas par cas (en bonne logique l'accès libre est recherché mais il y a des exceptions comme dans le cas des recherches portant sur la sécurité nationale) et le financement est assuré par l'impôt.

On parle souvent de la solution Samuelson qui se concrétise dans l'établissement de laboratoires de R&D fédéraux ou nationaux. Ceux-ci diffusent publiquement leurs résultats de recherche, comme dans le cas de la recherche en agronomie ou en physique des hautes particules. L'allocation des ressources entre les différents domaines constitue une décision de l'État. Le compromis est résolu dans ce cas simplement par le fait qu'il n'y a pas d'incitations à fournir aux agents privés.

La deuxième solution consiste en la production de connaissances par des agents privés, lesquels sont subventionnés pour leur activité. En bonne logique, ce qui est produit doit être placé dans le domaine public pour en assurer la meilleure diffusion possible. Il s'agit de la solution Pigou qui se matérialise dans les universités de recherche (terme générique qui englobe l'ensemble des institutions d'éducation supérieure dont une partie significative de l'activité est la recherche). La plupart des résultats sont effectivement placés dans le domaine public, tandis que salaires et promotions sont financés par la ressource publique. Le compromis entre incitation et diffusion est ici réglé par le fait que les bénéfices attendus des performances de recherche ne seront pas réalisés grâce à la possession exclusive. C'est au contraire la diffusion des résultats (sous la forme de publication) qui détermine la formation d'un capital de réputation ; lequel permettra à la personne considérée d'obtenir des subventions, des prix, des contrats (chapitre v). Pour que la diffusion soit un moyen d'appropriation en permettant l'obtention de bénéfices et de « récompenses d'honneur », il faut qu'elle soit assortie d'une règle de priorité qui donne crédit de l'invention ou de la découverte à l'auteur de la première publication. La règle de priorité crée des contextes de concurrence (course, tournoi) tout en assurant que la connaissance soit bien diffusée. Ce mécanisme d'incitation non marchand à la production d'un bien public est un système remarquable puisqu'il réconcilie diffusion et incitation, en créant un actif privé, une forme de propriété intellectuelle dénuée de possession exclusive, mais qui est au contraire produite par l'acte même de divulguer sa connaissance. En somme, la science ouverte rompt la relation conflictuelle entre incitation à produire des savoirs et exigence d'un accès rapide [Dasgupta et David, 1994; David, 1988].

Ces deux premières solutions se ressemblent. Elles sont cependant profondément différentes. La première relève d'une direction centralisée qui prend les décisions de production ; les chercheurs doivent s'y conformer ; ils ne sont pas « libres » d'ouvrir un nouveau domaine de recherche ou d'abandonner telle

piste de réflexion. Même si la direction et le contrôle d'une activité de recherche posent des problèmes aigus qui relèvent de la relation « principal-agent », cet aspect de « non-liberté » est fondamental pour bien saisir les contextes professionnels de recherche établis dans le cadre de cet arrangement. Dans la seconde solution, au contraire, les décisions de production sont prises par les agents privés, libres de faire ce qu'ils veulent, et leur activité est subventionnée. Le financement public est alors justifié principalement par l'activité de formation et d'éducation. Comme l'observait Arrow [1962a], le fait qu'enseignement et recherche soient les deux facettes d'un même métier est un accident heureux, qui permet de déterminer un mode de rétribution qui ne dépend pas des résultats de recherche (ce serait trop risqué). Ce mode de rétribution est calculé par rapport à un service régulier d'enseignement, tout en permettant l'entretien de la capacité individuelle de recherche.

La troisième solution est fondée sur le mécanisme du marché. Comme déjà évoqué, le fait que la connaissance soit un bien public ne signifie pas qu'il n'y a pas de place pour le marché en tant qu'institution. Cependant, pour que celui-ci puisse fonctionner, il convient d'assurer l'appropriation privée de la connaissance; ce qui est accompli essentiellement grâce au fait qu'une propriété privée sur un élément de connaissance peut être légalement définie, attribuée et respectée. Dans ce cas, celui qui possède une connaissance bénéficie d'un droit qui lui permet en principe d'exclure les autres de son usage et d'en maîtriser la circulation. Quoique ce droit soit très imparfait (la connaissance est fondamentalement un bien non excluable), il fonctionnera pour certains types de savoir. Cette troisième solution, contrairement aux deux premières, ne se substitue pas au marché; au contraire elle lui donne sa place en combinant différents outils en vue de renforcer l'incitation des agents privés à investir dans la connaissance. Subventions à la R&D privée (et crédit d'impôt), encouragement aux transferts de savoir depuis les universités (subventions indirectes aux entreprises) et propriété intellectuelle constituent les principaux éléments de cette boîte à outils. Dans de nombreux cas, il s'agit d'une excellente solution puisque les firmes sont les mieux placées (possèdent les meilleures informations) pour produire elles-mêmes certains types de savoir, notamment ceux qui sont relatifs à l'innovation.

Différents objectifs et modes de gestion de la diffusion des savoirs. — Aux trois solutions correspondent au fond des objectifs

différents. Dans le premier cas, il s'agit de viser un objectif scientifique ou technologique d'importance nationale (ou supranationale) ; dans le deuxième cas, il s'agit d'assurer la croissance générale du stock de savoirs ; dans le dernier cas, il s'agit de maximiser les profits d'une activité d'innovation. Ces différents objectifs engendrent des modes spécifiques de gestion de la diffusion de la connaissance. Dans le premier cas, cette diffusion est la règle générale (puisque c'est la société qui paie) ; elle souffrira cependant d'importantes exceptions (sécurité, défense, etc.). Dans le deuxième cas, la diffusion des savoirs représente la raison d'être du système, comme nous l'avons expliqué. C'est un système rare qui a mis en place des normes et des pratiques pour renforcer sans cesse la diffusion et la progressivité des savoirs. On ne retrouve par exemple nulle part ailleurs le cas de chercheurs écrivant des *surveys*, visant à établir systématiquement l'état de l'art dans un domaine spécifique, à destination des autres chercheurs de la communauté. La minimisation de la diffusion de la connaissance est enfin logiquement la règle générale du troisième cas. Mais il y a là aussi des exceptions (chapitre v).

Des configurations hybrides. — Il n'y a pas dans les trois solutions évoquées une relation biunivoque entre le financement (public, privé) et la norme de divulgation des connaissances. Cette norme peut varier, même si une logique dominante subsiste ; d'où le tableau suivant qui restitue six configurations et met donc en évidence des situations hybrides.

Tableau 2. Différentes combinaisons entre mode de financement et règle d'accès

Forme dominante de finance- ment	Financement public (ou privé) d'agents privés	Production publique	Production privée
Logique de divulgation			
Accès public	Université et recherche	Laboratoires publics de R&D civile	Campus de recherche et base d'entre- prise
Accès privé (restreint)	Commercialisation et collaboration université-industrie	Laboratoires publics de R&D de défense	R&D d'entre- prise

Les situations hybrides les plus intéressantes sont celles qui concernent le problème de la restriction de l'accès à la connaissance, engendrée par l'engagement des universités dans la commercialisation de leurs travaux, et celles — symétriques — qui concernent les situations de recherche privée dont certaines logiques entraînent des *spillovers* importants. Ces situations posent en particulier des problèmes d'équilibre des incitations, qui seront rapidement vus au cours du prochain chapitre.

Une diversité institutionnelle adaptée à la variété des types de connaissance. — Les solutions examinées se sont développées au cours du temps pour assurer, certes de façon imparfaite, la production et la distribution des savoirs dans un contexte où le marché ne peut opérer que de façon limitée et imparfaitement. L'imperfection de ces institutions provient de leur évolution endogène. Elles se transforment en fonction du type de connaissance « traité », des intérêts qu'elles servent et des bénéfices qu'elles permettent d'engendrer. La dynamique des institutions se caractérise par des défaillances de marché inhérentes à leur propre fonctionnement et n'est pas nécessairement optimale en termes de bien-être social (voir plus loin le cas du système de la propriété intellectuelle).

Chacune de ces solutions propose un compromis entre incitation et accès ; chacune d'entre elles repose sur un certain degré de contribution de l'État (de très modéré dans le cas du marché privé à très fort dans celui de la production publique). On peut se demander en fin de compte pourquoi l'une de ces solutions ne s'est pas imposée, éliminant les autres ; quelles sont les raisons du maintien de cette diversité ?

La raison fondamentale est sans doute à trouver dans la variété des types de savoir qu'il est nécessaire d'élaborer. Chaque solution institutionnelle apparaît comme supérieure pour un certain type de connaissance. Cependant, si pour certains types de connaissance l'assignation institutionnelle est plutôt évidente, le jeu peut rester très ouvert dans d'autres cas.

Les droits de propriété sur la connaissance

L'attribution d'un droit de propriété sur une connaissance et la façon dont ce droit de propriété est revendiqué, reconnu et respecté sont des aspects essentiels des institutions qui régissent la production et la distribution des savoirs. La propriété intellectuelle

visé à créer une identité perpétuée de l'œuvre et à y associer un auteur ou un créateur comme « propriétaire » ; ce qui confère à celui-ci le pouvoir d'en maîtriser la circulation. Le système le plus connu et le plus étudié est celui qui est fondé sur la loi. Un second système, longtemps resté dans l'ombre, capte désormais l'attention des chercheurs. Celui-ci repose non plus sur un outil juridique mais sur la puissance d'une communauté adhérant à une norme sociale de reconnaissance et de respect de la propriété intellectuelle.

Définitions

Dans l'ensemble des dispositifs légaux conçus pour permettre aux personnes de revendiquer, obtenir et faire respecter des droits de propriété sur leur création intellectuelle, il y a toujours eu une distance importante entre le brevet et le droit d'auteur. Le brevet portait sur la protection des inventions et des créations « utiles » tandis que le droit d'auteur concernait les œuvres artistiques et littéraires ; une distance entre l'« utile » et le « beau ». Cependant, avec les économies fondées sur la connaissance, sont apparus de nouveaux domaines d'invention (logiciel, multimédia) qui ont fait entrer le droit d'auteur dans le monde de l'industrie et des services. L'encadré ci-dessous rappelle les définitions des principaux droits.

Les effets économiques du brevet

Le brevet est essentiellement considéré comme un mécanisme d'incitation. Il protège de l'imitation, c'est-à-dire qu'il protège l'inventeur d'une concurrence par les prix qui ferait converger ceux-ci vers le coût marginal qui est, rappelons-le négligeable dans le cas d'une connaissance (voir encadré « Nouvelle connaissance, innovation et formation des prix », p. 63), et donne donc à l'inventeur bénéficiant d'un brevet une position de monopole. Grâce à cette position, l'inventeur peut fixer un prix en ne tenant compte que d'une seule contrainte qui est celle de la demande. Mais bien évidemment, la conséquence de cela est que les consommateurs vont devoir acheter le produit à un prix (beaucoup) plus élevé ; ce qui risque d'exclure une fraction de ceux-ci de la consommation de ce produit. Dans la mesure où le coût marginal de reproduction d'une connaissance est nul, le fait de fixer des prix de monopole entraîne une perte sèche pour la société — comme l'illustre la figure 1, p. 82.

Brevets, droits d'auteur, marques

Le brevet est un titre de propriété dans le temps et l'espace géographique ainsi que dans l'espace des « inventions ». Demander un brevet, c'est formuler un ensemble de revendications et désigner un territoire sur lequel on souhaite protéger son invention. La validité de la demande sera examinée par l'office des brevets et le brevet sera éventuellement accordé. Les critères de brevetabilité sur lesquels l'examen de la demande sera fondé comprennent la nouveauté, le saut inventif et l'application industrielle. Selon les pays et les traités, certains domaines peuvent être exclus de la brevetabilité (par exemple les méthodes d'affaires ne sont pas brevetables en Europe alors qu'elles le sont aux États-Unis). Selon les pays, la nouveauté est « prouvée » par le fait d'être arrivé le premier à l'office (*first to file*) ou bien par le fait d'être l'inventeur initial (*first to invent*).

Celui qui demande le brevet paie une taxe puis règle chaque année une taxe de renouvellement de son droit.

Au bout de vingt ans, le droit expire, mais le compte à rebours commence dès l'enregistrement de la demande ; ce qui implique que la durée effective d'exploitation du brevet est plus courte que sa durée légale.

La formulation des revendications et leur validation par l'office au terme de l'examen et d'éventuelles contestations et oppositions forment le processus essentiel de définition et de délimitation de la propriété. Ce sont des facteurs cruciaux, qui déterminent à la fois les futurs bénéfices espérés de la propriété intellectuelle mais aussi la robustesse du droit ainsi construit et finalement l'efficacité et la praticabilité de l'ensemble du système. Il s'agit d'un élément critique car le brevet et l'innovation sont des « unités » qui coïncident rarement. En fonction des stratégies des agents et des interprétations des offices, on observe des brevets couvrant plusieurs innovations ou au contraire une innovation qui est émiettée dans un grand nombre de brevets. Dans ces deux cas, des difficultés peuvent venir ralentir voire bloquer la dynamique de l'innovation.

L'effet positif dynamique qui est l'incitation à l'invention est donc contrebalancé par l'effet négatif de formation de prix de monopole sur des biens dont le coût marginal de reproduction est négligeable. D'autres effets positifs doivent cependant être notés : il y a l'effet d'information générale sur la progression de l'état de l'art déjà noté, ainsi qu'un effet plus spécifique de signalisation qui peut permettre aux jeunes entreprises de séduire les investisseurs. Finalement le brevet crée un droit transférable, qui peut donc être cédé. Il s'agit d'une qualité essentielle qui crée de la « liquidité » et est à la base du fonctionnement des marchés de la technologie (voir chapitre suivant). En somme, le brevet est un mécanisme qui, au-delà de sa fonction d'exclusion/protection, est un fournisseur potentiel d'information sur les activités d'innovation et permet d'améliorer leur coordination.

Comme de nombreux mécanismes économiques, le brevet crée un dilemme. En tant que mécanisme qui soutient l'innovateur, il

Il y a une contrepartie à l'octroi d'un brevet, qui consiste dans la publication d'une information technique complète sur l'invention de sorte qu'un homme de l'art puisse la reproduire. Cette publication — contenant un ensemble d'instructions pour l'usage de l'invention — est à la base de l'équilibre entre les droits de l'inventeur et l'intérêt de la société. Cela ne signifie pas que les autres peuvent utiliser librement l'invention puisque précisément le brevet est un droit qui exclut les autres. Cela signifie simplement que ceux-ci sont informés et peuvent concevoir leur futur plan de recherche en fonction de cette information.

Le droit d'auteur protège l'intégrité d'une œuvre (droit moral) et préserve l'auteur de la copie et de l'imitation de la forme sous laquelle ses idées (sa technique, ses sentiments, son inspiration) sont exprimées (droit patrimonial). L'obtention d'un droit d'auteur n'exige pas de dépôt légal ni d'examen. La protection est obtenue immédiatement et gratuitement, sans formalité. La durée du droit d'auteur est au moins de cinquante ans après le décès de l'auteur. C'est un droit sans

contrepartie de divulgation (il serait superflu d'établir cette contrepartie puisque l'essence même de l'activité de l'artiste, du musicien ou de l'écrivain est l'exposition de son œuvre). Cependant, ce droit sans contrepartie pose problème quand il quitte le monde des arts et de la création littéraire pour entrer dans l'entreprise. Ainsi, une entreprise obtient un droit de propriété pour protéger ses logiciels sans avoir à divulguer ses codes sources. Pour la première fois depuis l'Antiquité, propriété privée et secret se trouvent réconciliés.

La nature du droit d'auteur rend ce droit de propriété assez peu approprié à la protection des inventions. Un concurrent pourra développer un produit très similaire en introduisant un simple changement d'expression, sans risque de violation du droit d'auteur.

La marque est ce qui permet d'associer un produit à son créateur grâce à un élément de couleur, conception, emballage, musique. La marque confère une protection sans limite mais s'applique mal à la protection des inventions.

ralentit aussi les innovations subséquentes en augmentant les coûts de transaction pour ceux qui voudraient aller plus loin en combinant la connaissance protégée avec d'autres éléments. En termes de concurrence, le brevet facilite l'entrée de nouvelles firmes ne possédant que des actifs limités, mais il crée aussi des positions de monopole temporaire (voir tableau 3).

Les tendances actuelles

La période récente a été caractérisée par une croissance énorme du nombre de demandes de brevets et un taux d'octroi stable (67 %), donc une croissance importante du nombre de brevets accordés annuellement (ceci dans toutes les grandes juridictions) ; l'invasion des brevets dans de nouveaux domaines ; l'accroissement de la complexité des brevets (en termes de nombre de revendications) ; une généralisation de l'usage dit stratégique ;

Figure 1. Formation du prix avec et sans brevet

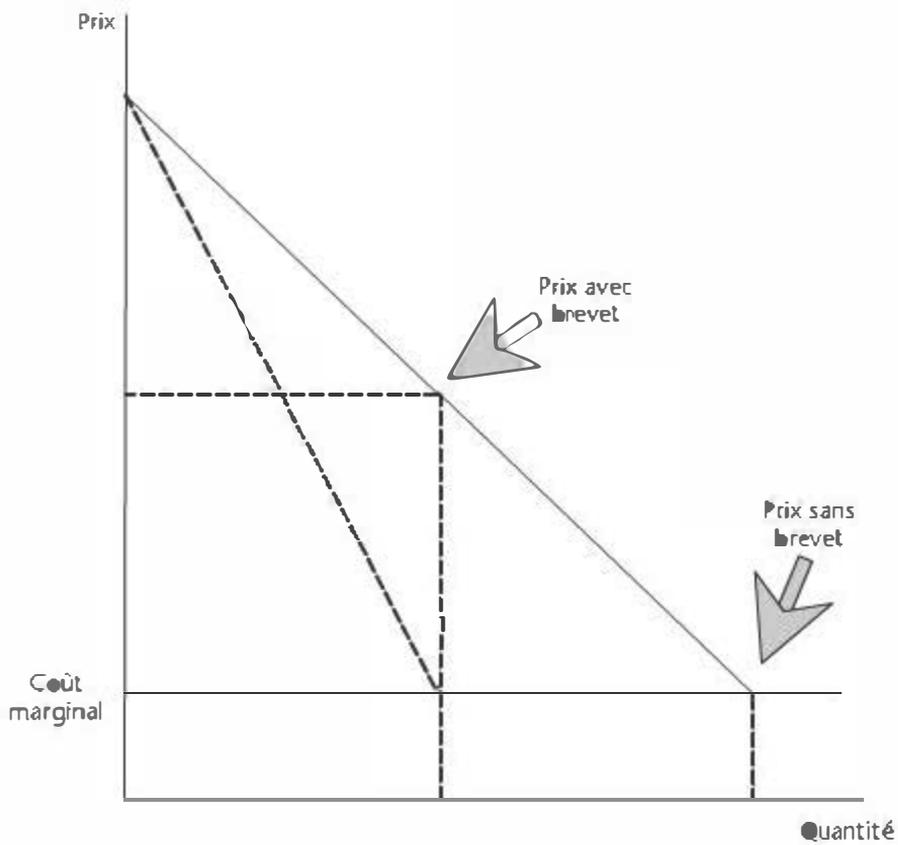


Tableau 3. Les coûts et les bénéfices des brevets sur l'innovation et la concurrence

Effets du brevet sur :	Bénéfice	Coût
L'innovation	Incitations à la R&D Droits transférables (dissémination)	Freins à la recombinaison des idées et des savoirs ; les coûts de transaction augmentent pour les innovations suivantes
La concurrence	Entrée de nouvelles firmes avec des actifs limités Signal	Monopole temporaire qui peut devenir de long terme dans certaines situations

Source : Hall [2001].

un accroissement de la probabilité de litige (aux États-Unis) et enfin une irruption des brevets au niveau de la recherche scientifique. Nous n'aurons pas la place de traiter tous ces points. Bornons-nous à observer que les 350 000 demandes déposées à l'office des brevets américain chaque année ne correspondent sans doute pas à 350 000 innovations ! Une explication à cette inflation tient aux comportements stratégiques des firmes [Hall, 2004]. Ces comportements qui ont toujours existé sont devenus dominants dans plusieurs industries importantes : les brevets obtenus en très grand nombre deviennent une monnaie d'échange dans le cas de conflit juridique, créent des asymétries et constituent une barrière à l'entrée de nouveaux compétiteurs. L'usage stratégique des brevets a été facilité par les défaillances des offices dans leur mission fondamentale d'attribution de la propriété intellectuelle [Jaffe et Lerner, 2004]. L'ouverture de nouveaux champs à la brevetabilité a engendré aussi le problème de l'inexpérience des offices confrontés à de nouvelles technologies et enclins à « ouvrir les vannes ».

Le résultat est que dans de nombreux domaines, des maquis de brevets se sont formés imposant une taxe sur l'innovation. Dans ce cas, les pratiques de licences croisées et de pools de brevets visent à réduire les coûts de transaction en favorisant le réassemblage des éléments privés de savoir à moindre coût. Dans certains cas cependant, le coût reste prohibitif, notamment lorsque les brevets portent sur des connaissances génériques ou de base. C'est le concept d'*anticommons* [Heller et Eisenberg, 1998] qui décrit une situation d'enchevêtrement de brevets qui interdit pratiquement toute possibilité d'unifier et combiner les connaissances ainsi protégées. Chacun ne possède qu'une microparcelle de la base de connaissance, insuffisante pour développer l'innovation mais suffisante pour interdire tout développement par d'autres.

Il n'est donc pas évident que le nouvel équilibre (caractérisé par une activité effrénée de prise de brevets, des pratiques intensives de licences croisées, des stratégies agressives portant sur le respect de la propriété intellectuelle et une privatisation des savoirs scientifiques) soit plus favorable à la croissance et au bien-être que l'équilibre précédent (marqué par des pratiques de brevet plus modérées, des entreprises tolérant la divulgation de leur connaissance en échange de l'absorption des connaissances des autres et un large domaine public). L'équilibre ancien semble caractérisé par des coûts de transaction plus faibles, tandis que le nouveau ne semble pas supérieur en termes d'innovation et de production de nouveaux savoirs.

La propriété intellectuelle fondée sur des normes

Une littérature récente [Fauchart et von Hippel, 2008 ; Loshin, 2007] repère et analyse des formes de propriété intellectuelle dont le respect n'est pas fondé sur la loi mais sur la capacité d'une communauté professionnelle à identifier les fraudeurs et les mauvais comportements et à les punir. Dans des contextes assez particuliers (les chefs de cuisine, les magiciens), les vertus de ces formes semblent s'imposer. Elles permettent aux créateurs un contrôle effectif sur la circulation de leur œuvre grâce au respect par tous les membres de la communauté de règles simples, telles que « tu ne dévoileras pas à d'autres un secret qui t'a été confié personnellement ». La différenciation entre les connaissances « grand public » souvent publiées dans des ouvrages (livres de recettes gastronomiques et livres de tours de magie) et les secrets est un élément important du fonctionnement de ces formes de propriété intellectuelle. Le système est donc informel et non codifié, souple, peu coûteux et relativement efficace dans sa capacité à créer une identité perpétuée de l'œuvre et à permettre à son auteur d'en contrôler la circulation. Mais sa fragilité est aussi évidente. Lorsqu'une communauté grandit et s'internationalise, on peut raisonnablement penser qu'il fonctionnera plus difficilement. On peut aussi suggérer que ce système fonctionne là où la question de l'appropriation privée de l'invention ou de la création n'est pas le problème central de l'économie de l'activité considérée.

Le régime de la « connaissance ouverte »

Un ensemble de formes organisationnelles de production et partage des savoirs peut être identifié et caractérisé par un objectif central qui est celui de la préservation d'un espace collectif ou public de circulation des connaissances. Ce nouveau modèle peut être caractérisé par des processus collaboratifs rapides orientés vers la production de savoirs et vers l'innovation, en prenant appui sur une règle d'accès libre et de partage des connaissances. Les vertus économiques de ces formes ont été évoquées dans le chapitre v. Ce modèle est celui de la science ouverte déjà évoqué et est donc fortement ancré dans l'institution scientifique [Dasgupta et David, 1994]. Mais il peut aussi donner lieu à des formes en quelque sorte « hors sol » : des personnes appartenant à des organisations différentes se rassemblent pour travailler de façon communautaire.

Leurs motivations peuvent renvoyer à certaines aspirations politiques et éthiques, à l'attente de réciprocité et à la conscience des effets bénéfiques d'un travail communautaire, qui engendrera des effets d'échelle et de masse critique impossibles à obtenir autrement. Clairement, ces formes organisationnelles ont pris un certain essor en quittant le seul domaine des projets purement scientifiques et de développement logiciel. La collaboration « en ligne » grâce aux TIC a considérablement accru la productivité de ce type de projet. Ces formes organisationnelles exercent une certaine fascination aux yeux des économistes puisque efficacité statique et efficacité dynamique semblent réconciliées. Il est possible en effet de concevoir des systèmes caractérisés par des *spillovers* riches, tout en préservant des mécanismes puissants d'incitation à produire des savoirs [von Hippel et von Krogh, 2003].

Si, dans certaines situations, le régime de connaissance ouvert prend appui sur des mécanismes décentralisés, voire spontanés, de construction d'incitations (réputation, réciprocité) compatibles avec la libération de la connaissance, dans d'autres cas c'est l'État qui peut susciter le développement de ce régime en proposant un prix en échange de la libération de la connaissance. Un exemple est celui de la fabrique lyonnaise [Foray et Hilaire Perez, 2006] : les canuts inventeurs recevaient un prix, dont le montant était fixé non seulement en référence à la valeur de l'invention mais aussi à l'effort de l'inventeur pour enseigner et diffuser son invention. Il résulta de ce système un taux d'innovation important, supérieur à celui de la place concurrente de Londres où le mécanisme du brevet s'était imposé.

Les avantages de ce régime sont multiples : le premier est celui de l'obtention d'une échelle ou masse critique, qui serait inenvisageable sous d'autres formes organisationnelles ; et cela au prix de mécanismes de coordination relativement faibles [Rai, 2006]. L'autre grand avantage est la définition d'un espace « libre de droit » ; avantage certain dans les domaines où l'allocation de droits de propriété privée peut être très coûteuse (domaines des bases de données, outils de recherche, logiciels). Les inconvénients ne sont pas moins importants. On peut observer une certaine fragilité, liée à des mécanismes de coordination qui peuvent vite se révéler insuffisants en cas de crise organisationnelle. Le rôle central de quelques individus dans le maintien du projet est un élément de fragilité. Les tentations d'abandonner le projet peuvent être importantes en l'absence d'autorité et de sanction pour retrait prématuré. Enfin, ce type d'organisation peut réduire les incitations à poursuivre le développement jusqu'à la commercialisation.

Des problèmes aux frontières

Jaccard, inventeur canut célèbre, se conforme initialement aux règles édictées par la fabrique lyonnaise [Foray et Hilaire Perez, 2006]. Il place son invention dans le domaine public, en enseigne l'utilisation et reçoit en échange un prix. Mais, bientôt, il s'estime maltraité et tente de s'enfuir de Lyon pour déposer une demande de brevet à Paris. La police lyonnaise le rattrape et le ramène en ville ! Cet épisode fameux est une bonne métaphore des problèmes de frontières qui surgissent quand les deux systèmes — celui de la propriété privée et celui du domaine public — se côtoient voire se mélangent. Le système de production collaborative, fondé sur la création d'un espace libre de droit, est particulièrement vulnérable lorsque des logiques d'appropriation plus rémunératrices apparaissent comme « praticables » dans le cadre de l'institution existante. Les incitations qui y étaient offertes traditionnellement deviennent soudain insuffisantes et les comportements ouverts et collaboratifs peuvent se dégrader rapidement [Cockburn, 2006]. C'est pourquoi il semble sage de ne pas mélanger les cultures et les systèmes d'incitation dans des organisations uniques (même s'il s'agit de répondre à l'objectif louable de maximiser les interactions entre agents économiques dont les comportements sont initialement régis par différentes logiques d'appropriation). Il semble plus efficace de maintenir des organisations séparées — chacune privilégiant une logique spécifique d'appropriation — tout en s'efforçant de développer les conditions favorables à leur bonne connexion [Aghion *et al.*, 2008].

D'anciens mécanismes « remis à neuf » pour de meilleurs compromis entre accès et incitation

La propriété intellectuelle s'est imposée pour le meilleur et pour le pire. Elle s'est ancrée en profondeur — s'emparant de nouvelles fonctionnalités qui la rendent incontournable dans l'économie de la connaissance — et en surface — dictant ses standards juridiques et administratifs à l'ensemble des pays membres de l'OMC (les accords ADPIC). Cette extension vers de nouveaux pays — qui étaient libres auparavant de ne pas reconnaître la propriété intellectuelle sur telle ou telle classe de produits (par exemple les médicaments) et donc de copier et produire ceux-ci dans un cadre concurrentiel — aggrave les problèmes d'accès à la connaissance au fur et à mesure que les pays les plus pauvres sont concernés (au

terme des dispositions transitoires prises dans le cadre des accords ADPIC pour permettre à ces pays de «se préparer»). Il résulte de ceci une crise sans précédent de l'accès au savoir et à l'innovation, qui incite les économistes à imaginer de nouveaux mécanismes d'accès, compatibles avec les accords ADPIC et permettant un meilleur équilibre entre incitation et accès, notamment dans les situations de très forte élasticité prix de la demande.

Des mécanismes pour régler les problèmes d'accès

La discrimination des prix différencie les consommateurs. Ceux dont l'élasticité prix de la demande est grande régleront un prix très faible; ceux dont l'élasticité prix est faible paieront le prix de monopole. C'est une solution efficiente tant que cette discrimination ne diminue pas l'incitation du producteur à investir et ne diminue pas la valeur du bien pour celui qui l'acquiert au prix le plus élevé (on ne l'appliquerait pas par exemple pour différencier les prix des billets de train de première classe). En règle générale, on observe que les firmes réalisent plus de profit en discriminant les prix, tandis que le bien-être du consommateur est augmenté.

Une licence obligatoire est une autorisation obtenue par un gouvernement d'utiliser une invention brevetée sans le consentement de celui qui détient le brevet. Les conditions d'obtention, définies dans le cadre des accords ADPIC, imposent d'avoir tenté de négocier avec le propriétaire de la connaissance (sauf en cas d'urgence, par exemple sanitaire). La licence obtenue est limitée dans le temps, elle est destinée au marché domestique, le détenteur du brevet recevra une compensation adéquate. Détenteur de la licence, le gouvernement peut lancer la fabrication et la commercialisation du produit sur une base concurrentielle et obtenir des prix proches du coût marginal. La licence obligatoire semble donc être une réponse appropriée, dans certaines circonstances, à la tension fondamentale entre accès et incitation.

Le rachat des brevets consiste à offrir une récompense économique à l'inventeur qui en retour place son invention dans le domaine public. Le mécanisme est remis au jour par Kremer [1997], qui s'inspira d'un exemple historique. Daguerre, inventeur du procédé photographique en 1837, bute sur le problème de l'exploitation commerciale de son brevet. Son ami Arago, membre de l'Académie des sciences, persuade le gouvernement d'acheter le brevet et de placer la connaissance nouvelle dans le domaine public. Le procédé se diffuse rapidement, permettant l'essor économique d'une nouvelle activité. Un tel mécanisme de récompense

semble bien adapté pour certaines classes de produit ; le problème principal étant celui de l'évaluation de la valeur de l'invention pour en fixer le prix. Ce prix doit approcher la valeur sociale de l'invention. Or celle-ci est par essence non observable. Kremer suggère un mécanisme d'enchère pour inciter les agents économiques à révéler leur propre estimation de la valeur de l'invention. Le rachat des brevets propose donc un compromis original entre incitation et accès. Son avantage est aussi que rien n'est payé par la puissance publique avant que l'invention ne soit mise au point (contrairement à une subvention de R&D).

Des mécanismes pour inciter à produire des savoirs dans les domaines non rentables

Enfin, une gamme de nouveaux outils est conçue pour encourager l'allocation des ressources dans des domaines vitaux mais non rentables. On parle ici notamment des maladies négligées (qu'il s'agisse de maladies touchant un très grand nombre de personnes uniquement dans les pays pauvres ou bien de maladies dites « orphelines » ne touchant au total qu'un très petit nombre de personnes) ; mais cette problématique s'applique aussi à la recherche visant à la résolution de problèmes futurs pour laquelle les générations suivantes ne sont pas encore là pour payer. Dans le cas des maladies négligées, une solution de type droit de propriété intellectuelle ne fonctionnera pas car celle-ci n'a de sens que s'il existe un marché prêt à payer. L'autre solution consistant à subventionner la recherche vient évidemment à l'esprit mais elle a beaucoup d'inconvénients quand il s'agit de mener à bien non seulement la recherche mais aussi le développement et la réalisation finale du produit (un vaccin).

La solution proposée par Kremer [2000] consiste en la création « artificielle » d'un marché, obtenue par l'engagement de l'autorité publique à acheter le produit innovant, une fois celui-ci réalisé, à un certain prix. Là encore, l'inspiration est historique puisque depuis longtemps les gouvernements cherchent à encourager l'invention dans des domaines stratégiques en offrant un prix *ex ante*.

Conclusion

Nous avons abordé dans ce chapitre l'objet fondamental de l'économie de la connaissance. Dans un monde en constante

transformation, dans lequel les opportunités technologiques et les fonctions de demande changent continuellement et où l'emprise du régime de privatisation des savoirs s'étend, les vieilles institutions échouent à offrir des compromis satisfaisants entre incitation et accès. S'impose alors comme objet de recherche et objectif de politique publique le *design* de nouveaux mécanismes pour mieux exploiter ces réelles opportunités scientifiques et technologiques, impulser les dynamiques nécessaires d'innovation, mais aussi et surtout préserver le stock de savoirs communs et l'accès aux connaissances privées. En dépit de leurs imperfections, les solutions élaborées par certains économistes (notamment Lanjouw ou Kremer) constituent des exemples intéressants et honorent l'ensemble de notre profession.

VIII / Stratégies d'entreprise et gestion de la connaissance

Ce chapitre aborde la question du renouvellement des stratégies d'entreprise du point de vue de l'innovation, dans un contexte où l'on s'efforce de traiter celle-ci comme un événement normal, une routine, en tentant de réduire la part d'incertitude et de chance. Dans ce contexte, la gestion des connaissances comme nouvelle pratique organisationnelle devient centrale.

Routinisation de l'innovation et stratégies d'entreprise

Ce qui compte réellement sur un marché de concurrence oligopolistique n'est pas tant de produire une innovation unique que d'assurer un flux régulier d'innovations de façon à obtenir un profit significatif sur le long terme. Il importe donc de traiter l'innovation comme une opération de routine, un événement presque ordinaire dans la vie de l'entreprise. Il faut réduire la part de chance contenue dans toute réussite innovatrice. C'est ce que Baumol [2002] appelle la « routinisation de l'innovation ».

Dans ce contexte s'est imposé le modèle dit « d'innovation ouverte ». Celui-ci rassemble un ensemble de nouvelles méthodes de management de l'innovation d'entreprise qui cherchent à optimiser l'accès aux idées et aux savoirs externes, devenu aussi important que ce qui est produit à l'intérieur de l'entreprise, quand celle-ci cherche à améliorer ses technologies.

Ce modèle renouvelle les problématiques des relations entre entreprise et université, d'une part, et entreprise et utilisateur, d'autre part. Ce modèle est associé aussi aux changements structurels entrevus dans le chapitre II, notamment le fonctionnement et l'opérationnalisation des marchés de la technologie.

Les relations entre université et industrie

Les complémentarités entre université et industrie du point de vue de l'innovation sont engendrées « naturellement » par les missions fondamentales de l'université : la recherche de base accroît l'efficacité de la recherche appliquée (chapitre III) et la formation à la recherche accroît la profitabilité de la R&D industrielle, tout en fournissant aux entreprises des mécanismes efficaces et bon marché de tri et sélection du capital humain (diplômes). Mais les universités ont depuis longtemps ajouté à ce double rôle une troisième mission d'appui à l'industrie pour résoudre coopérativement les problèmes posés par le changement technologique et l'innovation. Des mécanismes originaux — comité d'orientation industrielle, programme d'enseignement en coopération, laboratoires financés par l'industrie — existent depuis plus d'un siècle pour faire de certaines universités des « institutions perméables » [Lecuyer, 1998]. Avec l'expansion des activités intensives en connaissance, ce rôle s'est accru. L'exigence de mobilisation et de recombinaison des savoirs pour satisfaire aux impératifs de l'innovation implique pour les firmes de tisser des liens plus étroits avec les universités et pour celles-ci, d'être plus « réceptives » si elles veulent demeurer ou devenir des partenaires fiables. Bien sûr, certaines industries restent relativement éloignées des universités et ne considèrent pas celles-ci comme une source importante de savoir pour leur processus d'innovation [Cohen *et al.*, 2002]. Mais la tendance est claire : celle d'un accroissement du nombre d'industries pour lesquelles le rôle des universités comme pourvoyeur de savoir devient critique.

Un problème de division du travail et de spécialisation. — Un argument fortement exprimé par David et Metcalfe [2008] mérite d'être rappelé. Cet argument porte sur les vertus de la division du travail entre université et industrie : l'invention n'est pas l'innovation et maîtriser les savoirs nécessaires à l'invention ne signifie en aucun cas que l'on sera un champion de l'innovation. Car bien d'autres connaissances sont nécessaires — connaissances du marché, des organisations commerciales, de la disponibilité des facteurs d'inputs — pour qui veut maîtriser l'innovation. Dans ce domaine, une université ne pourra jamais être mieux qu'un acteur de second plan [Henderson *et al.*, 1998]. Cet argument plaide donc pour le respect de la division du travail entre les deux institutions qui sont spécialisées dans des missions et des tâches différentes. L'objectif n'est donc pas de créer plus d'incitations pour que les

universités entrent dans le monde commercial de l'innovation et concurrencent les firmes sur certains marchés mais plutôt d'améliorer leur capacité d'inventions et leur connexion à l'industrie. La division du travail est une bonne chose ; on en connaît les vertus. Cependant, la spécialisation engendrera des problèmes « à la frontière » ; problèmes d'incitation et d'obstacles à la coopération et à la résolution collective des problèmes d'innovation.

Ces problèmes proviennent fondamentalement de ce que les modes de production et d'exploitation des savoirs dans les deux mondes sont commandés respectivement par des structures de récompense et d'incitation et des modes de gestion des *spillovers* foncièrement différents (chapitre précédent) ; la difficulté est de créer des conditions permettant des interactions plus fortes, sans pour autant remettre en cause ces différences ; sans intégrer et homogénéiser les membres des deux entités dans une seule et unique organisation.

Il importe d'observer aussi que les firmes doivent elles-mêmes mettre en place de nouvelles pratiques managériales et encourager les statuts d'agent double, parmi leurs propres chercheurs, pour améliorer leur capacité d'absorption, leur « organisation externe ». À cet égard, Cockburn *et al.* [1999 et 2004] suggèrent que la R&D fondée sur la science, désormais menée dans les entreprises (chapitre III), n'est pas seulement identifiée par un ensemble d'instruments et de méthodes scientifiques mais aussi par de nouvelles pratiques de management des ressources humaines et d'incitation, destinées à placer les chercheurs de l'entreprise au centre des réseaux de recherche académique.

Les relations entre utilisateurs et industrie

L'irruption de l'utilisateur comme acteur déterminant de l'innovation a été examinée dans le chapitre III. Les tribus d'utilisateurs passionnés, qui entreprennent d'améliorer un produit sur la base d'un fonctionnement communautaire permettant d'atteindre une échelle significative, ne peuvent qu'interpeller les managers. Que doivent faire ceux-ci, lorsqu'ils s'aperçoivent que, parallèlement au laboratoire « officiel » composé d'une centaine d'ingénieurs de R&D, des milliers de « bricoleurs de génie » développent des versions modifiées des produits, échangent des informations, organisent des concours portant sur la résolution de problèmes, tout cela dans le cadre de leurs loisirs ? Comme dans le cas de ses relations avec la science académique, les relations avec la communauté d'utilisateurs impliquent pour l'entreprise l'emploi de

personnel dont une fonction essentielle sera de pénétrer cette communauté.

Deux autres stratégies semblent aujourd'hui s'imposer vis-à-vis des utilisateurs. D'une part, les firmes cherchent à détecter les *lead users* [von Hippel, 2007]. Les *lead users* expriment des besoins « en avance » et pensent obtenir des bénéfices élevés d'une réponse à ces besoins. Le *lead user* offre à l'entreprise un laboratoire d'expérimentation qui produit des informations capitales sur la manière de répondre à la demande future (qui n'est encore que faiblement exprimée).

Une autre stratégie des entreprises commerciales consiste à reconnaître leur incapacité à répondre de façon effective à des exigences d'utilisateur trop spécifiques ou trop compliquées à expliciter. Dans ce cas, l'entreprise peut décider de transférer des capacités de *design* et de spécification des produits chez l'utilisateur ; lequel assure lui-même la conception innovante de son produit. Ceci se passe notamment dans le cas où, après de nombreuses itérations, les souhaits du client restent difficiles à comprendre [von Hippel, 2007].

Marchés de la technologie et consortiums de R&D

Le troisième pilier du modèle ouvert fait référence non pas à un réservoir de savoirs (savoirs académiques, savoirs des usagers) mais aux mécanismes opérationnels de diffusion des connaissances, qui semblent s'imposer aujourd'hui. Selon Baumol, la coordination des activités innovatrices s'opère désormais principalement à travers deux mécanismes qui assurent une allocation efficiente des savoirs entre les entreprises : les marchés de la technologie et les consortiums de R&D. Ces mécanismes, observe-t-il, réconcilient le besoin social de dissémination des savoirs avec les objectifs privés de rentabilisation des investissements ayant conduit à leur production.

L'essor des marchés de la technologie est évidemment associé à celui de la propriété intellectuelle. Les avantages liés à l'achat d'une technologie, relativement au fait de l'inventer soi-même, sont nombreux : réduction des coûts et des risques, rapidité. Les avantages liés à la vente d'une technologie sont aussi importants : réduction des risques liés à l'exploitation d'une technologie sur un marché (par exemple étranger) ou dans un domaine d'application que l'on ne maîtrise pas ; revenus pouvant être importants.

D'un point de vue général, un marché de la technologie, s'il opère de façon efficace, améliore l'efficience allocative de

l'industrie considérée, en réduisant les investissements de duplication qui risquent d'aboutir à des inventions déjà faites. C'est le cas notamment des industries dans lesquelles la connaissance technologique est bien codifiée, le brevet fonctionne bien en informant de façon précise sur les limites de la propriété intellectuelle et les processus industriels sont des éléments critiques de l'innovation [Arora *et al.*, 2001].

Selon Baumol, les conditions d'efficacité d'un marché de la technologie sont relativement simples. Il importe que le prix soit juste, ce qui incitera les deux parties à entrer dans la transaction. Cette condition sera réalisée si l'acheteur potentiel est un utilisateur plus efficace de la technologie considérée que le vendeur potentiel. En effet, dans ce cas, l'acheteur pourra réaliser un profit supérieur à celui que le vendeur aurait fait. Ainsi, l'acheteur est prêt à payer un prix un peu supérieur à ce que l'exploitation de la technologie aurait rapporté au vendeur. Sous cette condition, acheteur et vendeur ont intérêt à effectuer la transaction.

Cependant, la représentation du marché de la technologie par Baumol correspond à un monde idéal, qui reste assez éloigné de la réalité. Il est même rare d'observer un marché qui possède tant de défauts ! Un récent *survey* adressé aux responsables de la propriété intellectuelle de grandes entreprises américaines [Cockburn, 2007] illustre ce point :

- les transactions sur la technologie sont complexes et coûteuses ;
- il y a de nombreux marchés manquants et donc énormément de technologies ne trouvent pas d'acheteur ;
- une large fraction du stock total de brevets apparaît comme « non licenciable » ;
- plus d'un tiers des portefeuilles de brevets en moyenne ne fera jamais l'objet d'une licence alors que les firmes l'auraient souhaité.

Autrement dit, même pour les inventions que le propriétaire souhaiterait licenciées, la probabilité que cela se passe reste très faible. Ces problèmes entraînent deux coûts majeurs : un grand nombre de transactions ne sont pas effectuées ; les prix sont incorrects. Les marchés de la technologie sont donc en général plutôt inefficients. Ceci est un sujet de préoccupation dans la mesure où ces marchés sont devenus un élément central du nouveau modèle d'innovation.

La gestion de la connaissance comme capacité organisationnelle

La gestion de la connaissance recouvre l'ensemble des processus et des pratiques systématiques visant la capture, l'acquisition, le partage et l'utilisation des savoirs, quelle que soit leur localisation, en vue de renforcer l'apprentissage, l'innovation et les performances d'une organisation. La gestion de la connaissance repose sur la création de capacités organisationnelles (mécanismes d'incitation et de coordination) et sur l'utilisation intensive des technologies de l'information.

L'essor de la gestion de la connaissance dans les entreprises

L'essor de ces pratiques dans les entreprises [Foray et Gault, 2003] peut être associé à différents phénomènes. Le premier a trait à la crise des modes traditionnels de la transmission des savoirs. Celle-ci était assurée dans le cadre d'institutions telles que la corporation [Epstein, 1998] ou le marché interne du travail [Lam, 2000]. Une fonction essentielle de ces institutions était la mémorisation et la circulation des savoirs. Pour de nombreuses raisons, cette fonction est mise en danger. De nouvelles capacités organisationnelles doivent donc être ajoutées pour accomplir ces tâches.

Ensuite, la gestion de la connaissance s'inscrit très clairement dans les stratégies nouvelles de routinisation de l'innovation. Le coût qui résulterait du fait de manquer ou d'ignorer une « bonne idée », source d'innovation, est trop important pour ne pas tenter de repérer et collecter systématiquement les bonnes idées; que celles-ci viennent des utilisateurs, de la R&D interne, des autres lieux de l'entreprise ou encore de la recherche académique. De même, l'exploration efficace de la mémoire de l'entreprise pour retrouver des savoirs qui permettront de résoudre des problèmes posés par l'innovation impose l'adoption de pratiques de gestion de la connaissance.

Enfin, l'essor des pratiques de gestion de la connaissance est associé aux déploiements des TIC. Comme déjà noté dans le chapitre II, la productivité du capital technologique est fortement dépendante de la mise en place de formes organisationnelles adéquates. Les complémentarités d'innovations sont fortes entre TIC et pratiques de gestion des ressources humaines et des savoirs.

Deux logiques. — En dépit de son caractère simplificateur, la distinction entre deux logiques de gestion des connaissances,

proposée par Hansen *et al.* [1999], reste éclairante. Ces auteurs repèrent une logique dite « de personnalisation » : la connaissance reste tacite ; elle est donc fortement rattachée aux individus qui la mettent en œuvre. La gestion de la connaissance consiste alors essentiellement à gérer des réseaux et des communautés de personnes, elles-mêmes considérées comme dépositaires et détentrices de savoirs tacites. L'autre logique est celle de la codification. Les savoirs sont transformés, codifiés et placés dans des bases et des répertoires, ce qui permet à chacun d'y accéder facilement. Comme déjà dit au cours du chapitre IV, la codification implique des coûts fixes importants mais permet ensuite de réaliser un grand nombre d'opérations de gestion de la connaissance à un coût marginal faible.

La première logique semble mieux adaptée aux entreprises qui traitent de problèmes uniques, lesquels exigent donc des solutions constamment nouvelles (*i.e.* qui ne sont pas dans les bases de données de l'entreprise), tandis que la seconde logique est plus adaptée aux entreprises qui doivent résoudre des problèmes similaires de façon répétée (services ou produits standardisés). Dans ce cas, un système efficace de recherche et de réutilisation de solutions éprouvées est déterminant pour les performances de l'entreprise. Bien évidemment, la plupart des entreprises combinent les deux logiques. Cependant, il y a le plus souvent une dominante.

Ce que disent les indicateurs. — Le *survey* de l'OCDE [Foray et Gault, 2003 ; Foray, 2007] a bien montré la diffusion massive de ces pratiques dans l'industrie, l'importance de la taille comme facteur explicatif, ainsi que les complémentarités fortes entre différentes pratiques organisationnelles considérées comme nouvelles (gestion de la connaissance, gestion par projet, utilisation d'Internet). Tous ces résultats étaient attendus. Plus surprenant, les travaux de Kremp et Mairesse [2003] réalisés sur les données françaises collectées dans le cadre de ce projet ont mis en évidence des corrélations significatives entre intensité de la gestion de la connaissance et performance innovatrice des firmes. La gestion de la connaissance serait donc bien un outil de routinisation de l'innovation.

La gestion de la connaissance au niveau macroéconomique

Le déploiement des TIC et la réalisation progressive de leur potentiel extraordinaire, ainsi que les autres phénomènes caractéristiques des économies fondées sur la connaissance — accroissement de la

production et de la codification des savoirs, accélération de l'obsolescence, élargissement des *spillovers* — imposent une problématique de gestion de la connaissance, non pas seulement au niveau des entreprises individuelles mais aussi au niveau général de la société [David et Foray, 2002].

Ainsi, de nouveaux mécanismes de certification des savoirs et de construction de la confiance doivent être élaborés pour fonctionner dans des conditions de spécialisation croissante : asymétrie élevée dans la distribution de l'information et des capacités d'expertise ; accroissement de l'anonymat des interlocuteurs ; accroissement des possibilités de fausse identité. Une attention accrue doit être apportée aux éléments complémentaires des systèmes de connaissance codifiée (continuité des langages, préservation des programmes permettant d'accéder aux plus anciens fichiers) pour préserver la mémoire sociale récente. De nouveaux outils et formes d'organisation sont nécessaires pour surmonter le problème de la fragmentation (dispersion et division) des savoirs et pour préserver les capacités d'attention dans un monde riche en information [Simon, 1982].

Comme le suggère Stiglitz [1999], c'est uniquement en reconnaissant l'importance des imperfections de l'économie de la connaissance et de l'information, telles que celles identifiées ci-dessus, que nous pourrions concevoir et préserver des institutions robustes pour gérer et optimiser la connaissance au niveau global.

Bibliothèques, archives, musées et le Web. — La société a su concevoir et préserver des institutions dont l'objectif général est bien celui-là : gérer les connaissances et surmonter les différentes imperfections de l'économie du savoir que nous venons d'identifier. Il est donc important de reconnaître le rôle central des bibliothèques, des archives et des musées à l'âge de l'économie de la connaissance. Cependant, ces institutions sont aujourd'hui menacées par l'essor formidable d'un nouvel outil — Internet. Des enquêtes récentes montrent la diminution effrayante de l'utilisation des bibliothèques traditionnelles par les étudiants au profit de l'usage d'Internet. Les institutions traditionnelles survivront-elles aux dernières générations de personnes qui ne sont pas naturellement orientées vers l'usage d'Internet et qui disparaîtront bientôt ? Hedstrom et King [2006] développent une série d'arguments pour affirmer le contraire et penser la complémentarité entre les institutions traditionnelles et Internet. Ils identifient quatre domaines où cette complémentarité est cruciale : l'accès (les

bibliothèques rendent les gens égaux face à l'accès ; ce n'est pas le cas d'Internet) ; le contrôle de la qualité de l'information (Internet et le Web ne peuvent assurer qu'un faible contrôle de la qualité, insuffisant par exemple dans le domaine de l'éducation) ; la mémoire sociale (cette fonction essentielle des institutions traditionnelles n'est pas assumée par le Web dont une caractéristique principale est la perte massive et routinière d'informations) ; privatisation (le Web n'est pas à l'abri de logiques fortes de privatisation des informations alors que les institutions traditionnelles ont comme fonction essentielle de préserver un large domaine public et un accès libre à la connaissance).

Connaissances expérientielles et connaissances scientifiques

Les connaissances expérientielles naissent de l'expérience des individus et des organisations. Sans avoir passé les épreuves qui confèrent à une connaissance le statut de « scientifique », les connaissances expérientielles sont riches, rationnelles et confèrent aux agents des capacités d'action importantes. Cependant, la mémorisation, la gestion et l'optimisation de ces connaissances posent des problèmes délicats et difficiles car elles sont par nature peu visibles, souvent tacites et moins fortement généralisables que les connaissances scientifiques. La détérioration des connaissances expérientielles est un danger réel, renforcé par la croyance en la toute-puissance des connaissances scientifiques. Or ces dernières ne peuvent en aucun cas se substituer aux premières. Par exemple, il est très intéressant de produire des savoirs scientifiques pour construire des modèles numériques visant à prédire la vitesse et la direction de la propagation des incendies de forêt pour mieux les maîtriser. Cependant, ce savoir scientifique ne remplace pas les connaissances expérientielles accumulées au cours des siècles et qui permettaient tout simplement d'éviter les incendies de forêt ! Des connaissances portant essentiellement sur l'art de planter et entretenir les arbres. Or ces savoirs expérientiels se sont détériorés, ont été oubliés alors qu'ils ne sont en rien obsolètes. Cet exemple illustre bien le contraste entre la force des processus de création, codification et circulation des savoirs scientifiques et la fragilité des mêmes opérations portant sur les savoirs expérientiels. Ce contraste entre la vigueur des progrès de la science et de l'accumulation des savoirs scientifiques et la fragilité des connaissances expérientielles caractérise de nombreux secteurs : santé, environnement, sécurité alimentaire, développement et aménagement des territoires, gestion des risques naturels. C'est une illusion

dangereuse que de croire qu'une société pourrait fonctionner uniquement sur la base de savoirs scientifiques; une sorte de société qui disposerait de tous les « vaccins » possibles pour corriger les problèmes et pourrait donc se passer des savoirs expérimentiels qui interviennent la plupart du temps en amont pour éviter l'apparition de ceux-ci. L'objectif de l'économie de la connaissance n'est donc certainement pas une société où tous les vaccins seraient disponibles, mais bien une société où l'équilibre de l'allocation des ressources entre savoirs scientifiques et connaissances expérimentielles est correctement préservé. Les institutions en question ici relèvent sans doute moins de celles qui gèrent la connaissance au sens étroit du terme (les bibliothèques, etc. ; voir ci-dessus) que de celles qui déterminent la façon dont les grands choix de société sont élaborés et décidés.

IX / Territoire, développement et politiques de la connaissance

Ce dernier chapitre traite des territoires de l'économie de la connaissance, ainsi que des politiques économiques au sens large conçues pour développer et consolider le secteur de l'économie de la connaissance dans les différents pays.

Internationalisation et territoires de l'économie de la connaissance

Depuis plus de dix ans, on assiste à un phénomène majeur d'internationalisation de la R&D. Celle-ci se déplace de façon autonome ; c'est-à-dire que les stratégies de localisation qui la concernent ne sont plus simplement dépendantes des flux d'investissements directs à l'étranger mais elles sont commandées par les logiques propres à la production des savoirs. On déplace sa R&D non plus simplement pour adapter les produits aux marchés locaux mais en vue de trouver les meilleures conditions pour la production de connaissance. Ces déplacements dévoilent une nouvelle carte, celle des territoires de l'économie fondée sur la connaissance. Cette carte fait la part belle aux grands pays en forte croissance (Chine, Inde) et aux petits pays émergents fortement spécialisés dans l'économie du savoir (Singapour).

La formation des territoires de l'économie de la connaissance

La plupart des ressources qu'une région doit produire et attirer pour basculer dans l'économie du savoir sont mobiles et fluides. Elles se déplacent. Cependant, elles ne se déplacent pas au hasard. Elles s'agglomèrent : les scientifiques de haut niveau cherchent à se rapprocher de leurs *alter ego*, les chercheurs sont localisés près

des *start-ups* (et inversement), les entreprises intensives en R&D se rapprochent des meilleures universités, les services à l'innovation s'agglomèrent autour de ces entreprises.

L'agglomération engendre des externalités positives importantes. Non seulement elle permet la répartition des coûts fixes d'infrastructure, mais, dans l'économie de la connaissance, la colocalisation des individus et des organisations favorise le développement des réseaux de circulation des savoirs et la formation de communautés de pratique qui « transgressent » les frontières institutionnelles (firmes, instituts de recherche, banques, services) [Allen, 1983 ; Saxenian, 2003]. Ces effets externes peuvent être tellement puissants que rien d'autre ne comptera pour les scientifiques ou les entrepreneurs innovateurs dans leur stratégie de localisation que de se rapprocher de ces réseaux et de ces communautés. Nous n'entrerons pas dans le débat portant sur la diminution de l'importance de la proximité physique comme conséquence de la codification des connaissances et du déploiement des technologies de collaboration (voir chapitres II et IV). Bornons-nous à observer que « être à proximité » demeure la stratégie dominante de localisation des principaux acteurs de l'économie de la connaissance.

Les processus d'agglomération sont donc caractérisés par des rendements croissants dont la source principale est constituée des effets externes déjà mentionnés. Les régions les plus attractives le deviennent toujours plus, les autres ne décollent pas, certaines peuvent basculer d'un côté ou de l'autre en fonction de leur capacité à atteindre le fameux *tipping point* [Arthur, 1990].

Tournoi local et dissipation des rentes. — Lorsque de nombreuses régions entrent en concurrence, au sein d'un même pays, pour attirer les meilleures ressources de l'économie de la connaissance, les inefficiences créées sont caractéristiques d'un équilibre monopolistique [David, 1999b]. Le problème est simplement que les rentes de territoire qui devraient être créées par un processus réussi d'agglomération sur un petit nombre de sites ne sont pas réalisées. La plupart des territoires auront des difficultés à financer substantiellement les infrastructures nécessaires ainsi que les paquets d'incitation, visant à attirer suffisamment de ressources sur le site. Ces difficultés affecteront donc l'aptitude d'une région donnée à dépasser significativement les autres en termes d'attractivité. Elles impliquent que la concurrence entre une multitude de régions « financièrement contraintes » disséminera le secteur de l'économie de la connaissance parmi de trop nombreux sites;

aucun n'étant capable au bout du compte d'atteindre une densité critique pour attirer le reste de l'industrie. Le point clé est que la logique économique de l'attractivité territoriale est fondée sur la rareté d'une ressource bien spécifique : les économies d'agglomération elles-mêmes. Cette ressource est gaspillée à partir du moment où trop de sites sont en concurrence et où les logiques de saupoudrage des financements publics freinent les tendances naturelles à la polarisation.

Uniformisation et particularisation. — Au niveau global, le risque de perdre des ressources attirées par d'autres sites est aggravé par la tendance évidente des pays et des régions à faire la même chose et à penser leur futur de façon similaire. Toute région se targue d'avoir son plan d'investissement en technologie de l'information, biotechnologie et nanotechnologie. Dans la plupart des régions, les décideurs définissent des priorités de façon très peu imaginative. Ce n'est pas un problème simple et les exercices de *technology foresight* ou technologies critiques commandés ici ou là par les administrations tendent à produire le même classement de priorités, sans prendre garde au contexte et aux conditions spécifiques du « client » pour lequel l'exercice est effectué. Ce manque d'imagination et de vision engendre une détérioration de ce qui peut constituer l'originalité et la distinction des bases de connaissance locales. Une conséquence probable de cette perte d'originalité est que les grandes compagnies multinationales opèrent de plus en plus comme réseau de connaissance globale et déplacent leurs activités d'innovation à l'extérieur du pays d'origine puisque celui-ci fait désormais à peu près la même chose que tous les autres (et le fait sans doute un peu moins bien que les meilleurs).

On peut donc s'attendre à ce que les mécanismes de localisation de l'économie de la connaissance accroissent les phénomènes de polarisation : densification scientifique pour quelques régions, désertification pour beaucoup d'autres. Pour atténuer ce résultat, parvenir à une distribution géographique relativement équilibrée des capacités de recherche, cela sans sacrifier les rentes d'agglomération, les pays et les régions doivent apprendre à se « particulariser ». Ils doivent développer une vision stratégique originale de leur positionnement dans l'économie de la connaissance et mettre en œuvre les politiques pour s'y conformer [Foray et Van Ark, 2007].

La marche des pays en voie de développement

À l'image de ce qui se passe dans les pays les plus avancés, les pays en développement ne basculent pas d'un coup dans l'économie de la connaissance mais une partie de leurs industries et services peut se transformer et aller dans cette direction.

On sait que le développement de capacités de recherche, développement et innovation est lié dans ces pays à deux facteurs essentiels : l'importance des canaux par lesquels la technologie externe peut entrer et se propager (investissement direct à l'étranger [IDE], commerce international, diaspora) ; la capacité d'absorption du pays, elle-même principalement liée à la composition et à la qualité du capital humain. Ces deux déterminants sont clairement reliés et les améliorations correspondantes créent des externalités mutuelles. Ils forment donc des systèmes de rétroaction positive qui peuvent engendrer des cercles vertueux ou vicieux et des équilibres multiples [Stiglitz, 1991].

Dans ce système à rétroaction positive, la propriété intellectuelle joue un rôle important mais non déterminant. Il est clair que lorsque le système est piégé dans une zone où les faiblesses respectives de la capacité d'absorption et des mécanismes d'accès aux technologies étrangères se renforcent mutuellement, on ne peut attendre une sorte de « solution magique » d'un renforcement de la propriété intellectuelle ; les coûts du renforcement du système de propriété intellectuelle dépasseront sans aucun doute les bénéfices que ces pays sont en droit d'attendre de ce renforcement. En revanche, lorsque le pays est entré dans un cercle vertueux, un renforcement du système de propriété intellectuelle jouera un rôle en attirant encore davantage les IDE, en créant les conditions facilitant l'acquisition de licences et peut-être même en favorisant l'activité entrepreneuriale locale.

Le tableau ci-dessous résume les coûts et les bénéfices engendrés par le renforcement du système de propriété intellectuelle, tel qu'exigé dans le cadre de l'ADPIC.

Dans un système multipays, la répartition des coûts et des bénéfices dépend de la distribution des capacités d'invention. Si celles-ci sont réparties de façon homogène, les coûts et les bénéfices s'équilibrent. Mais si les inventions sont distribuées de façon très asymétrique, la perte de surplus des consommateurs des pays dans lesquels il n'y a pas d'invention est une perte nette. Tous les profits vont dans les pays inventeurs. Il est donc clair que, dans le cas d'un pays qui n'a « rien à vendre » (en termes d'invention), le coût statique sera bien plus élevé que le bénéfice statique.

Tableau 4. Coûts et bénéfices statiques et dynamiques associés au renforcement de la propriété intellectuelle dans un pays donné

	Statique	Dynamique
Coût d'un renforcement du système de propriété intellectuelle pour le pays X	La connaissance est achetée au prix de monopole ; problème d'accès	Les innovations ultérieures sont freinées car plus coûteuses à développer
Bénéfice d'un renforcement de la propriété intellectuelle pour le pays X	La connaissance est vendue au prix de monopole ; rente de monopole	Attraction des IDE, incitations à l'activité entrepreneuriale

Remarque : sur ce tableau, le pays X est indifféremment un pays développé ou en développement.

Cercles vertueux

Le message essentiel du dernier rapport de la Banque mondiale [2008] est qu'un certain nombre de pays à moyen revenu sont entrés dans cette phase de cercles vertueux : la diffusion technologique provenant de l'extérieur s'accroît avec la capacité d'absorption du pays. En conséquence, plus de technologies sont attirées et celles-ci se diffusent mieux dans le pays ; ce qui accroît l'efficacité générale de l'économie qui à son tour permet de capturer encore plus de technologies externes. Dans ce schéma où les composants de base du système à rétroaction positive s'améliorent mutuellement, la croissance des investissements directs et l'enrichissement du capital humain jouent les rôles clés. Les principaux indicateurs de ce processus sont :

- la part croissante des importations de haute technologie et de biens de capitaux ;
- l'expansion des exportations de biens technologiques ;
- l'accroissement des IDE en pourcentage du PIB ainsi qu'en pourcentage de la formation du capital fixe.

Dans ces pays, les IDE et le commerce international sont devenus les canaux les plus importants pour l'accès aux technologies étrangères. Ceci est cohérent avec les résultats des travaux récents sur l'impact positif des réformes des systèmes de propriété intellectuelle (accomplies dans le cadre de l'ADPIC) sur les IDE, le commerce, l'accroissement des activités des multinationales dans ces pays et les transferts de technologie (voir par exemple Branstetter *et al.* [2007]).

Cercles vicieux

Dans les pays les moins avancés, les choses ne se passent pas de la même façon : les IDE restent à un niveau très faible (moins de 1 % du PIB) et la part des IDE dans la formation du capital est négligeable. Le ratio importation de produit high-tech/PIB est très faible ; ces pays restent très marginaux sur le marché mondial des biens de haute technologie. Enfin, développer une stratégie de licence pour accéder aux technologies étrangères (puisque les IDE sont trop faibles) ne semble pas fonctionner pour de nombreuses raisons. En conséquence, non seulement l'accès aux technologies étrangères est limité mais le peu qui entre dans ces pays ne reste que faiblement diffusé, n'ayant donc que peu d'impact sur l'efficacité de l'économie domestique. Pour les pays situés à ce niveau, le fait d'avoir à se conformer aux accords ADPIC a des effets dévastateurs, comme le tableau ci-dessus l'a démontré.

Du point de vue de l'innovation, les pays les moins avancés sont « petits » (non pas en termes de hauteur du PIB mais relativement à la taille des secteurs qui peuvent bénéficier des *spillovers* technologiques émanant des activités innovatrices) et possèdent une capacité d'absorption faible. Ces caractéristiques rendent très aléatoires pour ces pays la capture de *spillovers* internationaux. L'accent doit donc être mis sur le développement d'activités entrepreneuriales locales, c'est-à-dire destinées à produire des innovations orientées vers les besoins locaux et susceptibles d'engendrer des *spillovers* plus facilement diffusables dans l'ensemble de l'économie domestique. Il y a de vastes domaines d'activités où l'innovation est destinée à combler des besoins locaux ; le terme « local » pouvant signifier une large fraction de la population mondiale ! Dans ce cas, les IDE et le commerce international comme mécanismes d'accès aux technologies et d'apprentissage sont peu pertinents. Ils doivent être complétés par des politiques volontaristes de transfert de technologie par lesquelles les firmes du Nord sont incitées à transférer leur technologie pour nourrir l'activité entrepreneuriale domestique [Foray, 2008, Trajtenberg, 2007].

De nouvelles politiques pour l'économie de la connaissance ?

Les politiques économiques au sens large dont l'objet est le développement d'une économie de la connaissance restent fortement sectorialisées : politique de l'éducation et du capital humain, politique de la recherche et de l'innovation, politique de

développement en seraient les grandes composantes mais celles-ci ne sont pas intégrées. Il n'y a encore nulle part au monde un grand ministère ou un département de l'Économie de la connaissance !

Politique du capital humain

Une politique du capital humain, entendue comme celle qui vise explicitement à modifier le niveau, la composition et la disponibilité du capital humain, doit permettre de répondre à deux grands défis : le premier est relatif à l'accroissement de la demande de ressources humaines hautement qualifiées dans les domaines de la science, de la technologie et de l'ingénierie, ainsi que dans certains types de service (santé, éducation). C'est un défi essentiellement quantitatif qui reste aujourd'hui un problème pour une majorité des pays européens ainsi que pour les États-Unis. En effet, l'accroissement de la demande de R&D et des autres activités intensives en connaissance ne pourra se traduire en une hausse du volume de l'activité si l'offre de chercheurs et autres personnels qualifiés est fixe et ne peut s'ajuster dans le court terme. Dans ce cas, l'accroissement de la demande se traduira par un accroissement proportionnel des salaires, qui en retour risque de réduire les incitations publiques et privées à l'investissement [Romer, 2001]. L'insuffisant effort des pays de l'OCDE dans ces domaines peut se traduire par de fortes tensions sur le « marché mondial de la matière grise » ; ceci d'autant plus que des pays autrefois exportateurs nets deviennent utilisateurs intensifs de ces ressources [Wyckoff et Schaaper, 2006].

L'autre défi concerne l'acquisition des nouvelles compétences dans un contexte où la maîtrise du changement, de l'innovation et de la gestion des savoirs devient cruciale (chapitre II).

Politique de la recherche et de l'innovation

Les actions visant à améliorer la productivité de la recherche publique (réformes organisationnelles) et les programmes visant à appuyer la recherche et l'activité d'innovation au sein du secteur privé sont au cœur de ces politiques. Les différentes défaillances du marché, entrevues au cours du chapitre VII, impliquent un sous-investissement chronique dans le domaine de la recherche. La panoplie d'instruments disponibles pour corriger ce problème est relativement large (crédit d'impôt, subventions directes, promotion des relations entre recherche publique et recherche privée, aide à la formation de consortiums). Chacun de ces instruments a

ses vertus mais aussi ses désavantages. Le problème le plus important étant celui d'assurer que les subventions ne financent pas des projets qui auraient de toute façon été entrepris ; puisque, dans ce cas, cette politique se résumerait à un transfert de coût (du privé vers le public) et n'engendrerait pas de création nette de valeur [Stiglitz et Walisten, 1999].

De nombreuses autres politiques comptent aussi pour renforcer indirectement la capacité d'innovation. Dans un grand nombre de cas, la politique de l'innovation est essentiellement une politique d'ajustement institutionnel pour adapter les structures de financement, de concurrence, de marché du travail aux exigences de l'innovation et de la création et de la croissance des nouvelles entreprises innovantes. L'idée est de renforcer les institutions qui sont à l'origine du dynamisme économique et permettent de réduire les coûts de la destruction et de la création au détriment des institutions corporatistes et conservatrices [Phelps, 2003].

Enfin, la capacité d'innovation peut prendre appui sur la mise en œuvre d'initiatives stratégiques, des grands programmes pour répondre à de grands défis. L'entrée dans l'ère des crises systémiques (climat, énergie, alimentation, vieillissement des populations, système financier) crée des opportunités importantes pour le déploiement des capacités d'innovation en direction d'objectifs précis, considérés comme fondamentaux. L'allocation de ressources sera d'autant plus aisée que la recherche et l'innovation apparaissent comme centrales pour l'élaboration de solutions durables aux problèmes structurels évoqués. L'engagement lourd de ressources publiques pour créer les infrastructures de recherche de base et de formation nécessaires, stimuler les capacités de R&D privée et susciter une dynamique initiale de la demande aidera à l'alignement des incitations en faveur d'un objectif déterminé et à la coordination des plans d'investissements entre les différents acteurs du système (recherche publique, grandes firmes privées, fournisseurs spécialisés, utilisateurs et consommateurs). Ainsi, les crises que l'on vient d'évoquer sont dans une certaine mesure une bonne nouvelle pour les politiques de l'innovation, en jouant un rôle de levier potentiel de ressources gigantesques. Cependant, il faut que nos économies soient capables de transférer les capacités et les ressources vers les domaines où leur usage sera le plus productif. Mais ceci implique des processus d'allocation de ressources non neutres, c'est-à-dire qui privilégient certains domaines et certains acteurs. Or les politiques fondées sur des instruments non neutres sont très vulnérables à de nombreux problèmes potentiels (mauvais choix, *picking winners*, distorsion

des marchés). La conception des programmes est alors essentielle pour éviter ce type de problème, de même que la relation de ces programmes avec la politique de la concurrence [Mowery et Simcoe, 2002].

Politique de développement

Savoir sur quelle base de connaissance telle région ou tel pays doit prendre appui pour se positionner dans l'économie de la connaissance est une question clé et en même temps difficile. Il faut bien souligner que répondre à cette question ne renvoie pas à une logique bureaucratique de planification industrielle mais bien à un processus de recherche de type entrepreneurial, c'est-à-dire dans lequel les entrepreneurs doivent jouer un rôle central [Hausman et Rodrick, 2002]. Les décideurs limiteront leurs interventions à trois aspects du processus : aider ces entrepreneurs d'un type un peu particulier ; mettre en œuvre la politique de capital humain adaptée au positionnement choisi ; faciliter les mécanismes de coordination permettant au système régional de basculer collectivement vers les spécialisations retenues.

Certains pays émergents sont déjà dans l'économie de la connaissance (Singapour) ou bien celle-ci est à portée de main (Chine), grâce aux cercles vertueux déjà décrits. Pour les autres, les pays les moins développés, la priorité reste l'enrichissement du capital humain — éducation et formation —, l'encouragement d'innovations locales dont les *spillovers* peuvent être capturés par l'économie domestique et les transferts de technologie visant à accroître la capacité des entrepreneurs locaux à résoudre les problèmes d'innovation auxquels ils sont confrontés.

Crise financière et économie réelle de la connaissance

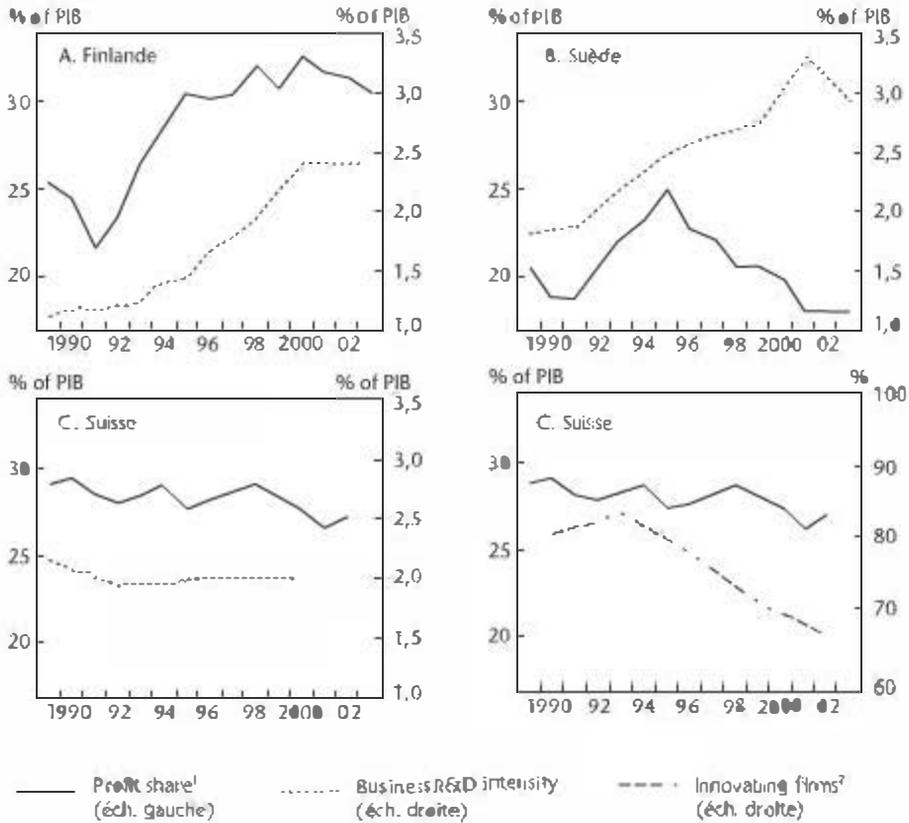
La crise financière de 2008 a déterminé une série de chocs dont les conséquences s'étendent largement au-delà du secteur qui les a engendrés et portent notamment sur l'économie réelle de la connaissance. Il est permis de penser que l'impact de cette crise sur la R&D et l'innovation sera sans doute plus fort que celui des crises précédentes. Ceci tiendrait moins à une ampleur plus grande du choc financier lui-même qu'aux changements structurels qui ont transformé l'économie de la recherche depuis vingt ans. Ces changements structurels ont rendu le système de la recherche plus vulnérable en accentuant les comportements procycliques en matière de financement de la R&D durant la phase de dépression.

Il s'agit premièrement d'un rétrécissement du secteur public de la recherche. Dans tous les pays de l'OCDE, on est passé d'une situation où le privé et le public finançaient la recherche à parts plus ou moins égales jusque vers les années 1980 à une situation où le rapport est de 70 % pour le privé à 30 % pour le public. C'est sans doute une évolution inexorable mais la capacité stabilisatrice des États sur le plan des financements, par l'intermédiaire d'un secteur public de recherche puissant, adossé à des missions de haute priorité telles que celle de la défense ou celle d'accomplir certaines percées technologiques, s'est affaiblie.

L'autre changement structurel qui fait question aujourd'hui a été décrit dans le chapitre II. Il est relatif à la désintégration verticale qui s'est mise en place dans de nombreux secteurs. Une myriade de petites firmes s'est intercalée entre la recherche publique et les grandes firmes intégrées pour se spécialiser dans la recherche et l'innovation, sur des segments de marché étroits, souvent très amont. Cette tendance est bien sûr très claire dans le domaine des biotechnologies mais elle concerne aussi l'industrie des PC, la logistique, ainsi que de nombreuses nouvelles industries à forte activité entrepreneuriale telles que les fournisseurs de services et d'information sur Internet ou les services financiers. L'exemple du domaine de la pharmacie et de la biotechnologie est intéressant. Voilà un domaine où les fondamentaux de l'innovation sont bons : les opportunités d'inventions et d'innovations n'ont jamais été aussi grandes et la demande n'est pas près de diminuer (par exemple sur le créneau de nouvelles thérapies pour des maladies comme le cancer). Mais la viabilité de l'innovation par les firmes verticalement désintégrées, non diversifiées, en manque de cash et dépendantes de finance externe est désormais en question. Les nouvelles (et donc petites) firmes de biotechnologie n'utilisent pas la dette pour se financer mais la crise de l'industrie du capital-risque va les affaiblir, de même que l'augmentation des primes de risque pour certains outils de financement.

Les réponses de politique économique pour le domaine de la recherche et de l'innovation ne sont pas nouvelles. Il convient de se souvenir de la façon dont différents pays ont managé le cycle lors de la récession des années 1990; épisode glorieux pour certains, moins glorieux pour d'autres. Tandis que la Suède et la Finlande voyaient leurs investissements privés en recherche s'envoler en dépit de la crise, ces mêmes investissements déclinaient en Suisse en raison de cette crise (graphique 7). Les gouvernements de Suède et de Finlande avaient su produire les politiques d'incitation contracycliques permettant le maintien et le

Graphique 7. Profits, R&D et innovation dans trois pays lors de la récession des années 1990



1. Excédent brut d'exploitation en % du PIB.
2. Firmes innovantes en % du nombre de firmes.

Source : OCDE [2007b].

développement des capacités d'innovation ; ce qui a permis à ces deux pays de sortir de la phase de récession dans des positions de *leadership* mondial sur certains domaines importants de l'économie de la connaissance. La Suisse, sans politique macroéconomique contracyclique en faveur de la recherche, avait alors reculé nettement sur le plan de ses performances innovatives.

Ces réponses de politique économique doivent s'adapter aujourd'hui aux changements structurels évoqués ; c'est-à-dire que, plus que jamais, ce sont non pas les petites firmes en tant que telles, mais les *nouvelles* firmes qui doivent être soutenues sur le plan de l'accès à des solutions de financement adéquates. L'Europe a peiné jusqu'à présent à développer les instruments financiers adaptés à des petites firmes en croissance, dont les actifs

sont pour la plupart des intangibles, ce qui ne leur permet pas de recourir à l'engagement de leurs équipements physiques (qu'elles ne possèdent pas) pour obtenir des prêts. La crise est une opportunité pour l'Europe de mettre en place cette offre d'instruments financiers adéquats [Philippon et Veron, 2008].

Enfin, comment ne pas penser que la période actuelle est propice au lancement de ces fameux grands programmes européens voire mondiaux sur le changement climatique, l'environnement, l'énergie, les systèmes de santé, que nous avons évoqués ci-dessus. C'est le bon moment pour accélérer le développement de ces programmes : d'une part, l'ampleur des problèmes structurels dans les domaines énoncés nous impose de ne pas tarder ; d'autre part, ces programmes auront une seconde vertu qui est de contribuer à gérer le cycle économique du point de vue de l'offre de financement à la R&D et à l'innovation [Aghion, 2006].

Politique de la connaissance

Il faut enfin souligner qu'une politique de la connaissance n'est pas une politique uniquement centrée sur le financement, l'entrée compétitive et la croissance des jeunes pousses et des gazelles ou sur l'amélioration de la productivité et de la connectivité des grandes institutions de recherche ou sur la formation et la composition du capital humain ou sur le lancement de grands programmes et d'initiatives stratégiques. Une politique de la connaissance doit inclure et intégrer tous ces éléments de façon cohérente afin d'élaborer les incitations et construire les institutions adéquates à la production et à l'allocation efficaces des connaissances et des savoirs.

Repères bibliographiques

- ABRAMOVITZ M. [1989], *Thinking About Growth*, Cambridge University Press, Cambridge MA.
- ABRAMOVITZ M. et DAVID P.A. [2001], *Two Centuries of American Macroeconomic Growth : From Exploitation of Resource Abundance to Knowledge-Driven Development*, Stanford University, *SIEPR Discussion Paper*, n° 01-05.
- ADIER P. et CLARK K. [1991], « Behind the learning curve : a sketch of the learning process », *Management Science*, vol. 37, n° 3, p. 267-281.
- AGHION P. [2006], *A Primer on Innovation and Growth*, Bruegel Policy Brief, Bruxelles, n° 2006/06, octobre.
- AGHION P. et HOWITT P. [1998], *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, Cambridge MA.
- [2005], *Appropriate Growth Policy Framework : a Unifying Framework*, The 2005 Joseph Schumpeter Lecture, European Economic Association, Amsterdam.
- AGHION P., DAVID P.A. et FORAY D. [2008], « Science, technology and innovation for economic growth : linking policy research and practice in "STIG" systems », *Research Policy*, à paraître en 2009.
- ALLEN R. [1983], « Collective invention », *Journal of Economic Behavior and Organization*, n° 4.
- ALTER N. [2000], *L'Innovation ordinaire*, PUF, Paris.
- ANGRIST J. [2004], « American education research changes tack », *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 20, n° 2, p. 198-212.
- ARGOTE L., BECKMAN S. et EPPLE D. [1990], « The persistence and transfer of learning in industrial settings », *Management Science*, vol. 36, n° 2, p. 140-154.
- ARORA A., FORAY D. et GAMBARDILLA A. [2001], *Markets for Technology*, MIT Press, Cambridge MA.
- ARROW K. J. [1962a], « Economic welfare and the allocation of resources for inventions », in NELSON (dir.), *The Rate and Direction of Inventive Activity : Economic and Social Factors*, Princeton University Press, Princeton.
- [1962b], « The economic implications of learning by doing », *Review of Economic Studies*, vol. 29.
- ARTHUR B.A. [1990], « Silicon Valley locational clusters : when do increasing returns imply monopoly ? », *Mathematical Social Sciences*, vol. 19, p. 235-251.

- ATKINS D. [2005], « Transformation through cyberinfrastructure-based knowledge environments », in DUTTON W., KAFIR B., O'CALLAGHAN R. et WYCKOFF A. (dir.), *Transforming Enterprises*, MIT Press, Cambridge MA.
- BALDWIN C. et CLARK K. [1997], « Managing in an age of modularity », *Harvard Business Review*, septembre-octobre, p. 84-93.
- BANQUE MONDIALE [2008], *Global Economic Prospects*, Washington D.C.
- BAUMOL W. [2002], *The Free-Market Innovation Machine; Analysing the Growth Miracle of Capitalism*, Princeton University Press, Princeton.
- [2005], « Education for innovation : entrepreneurial breakthroughs versus corporate incremental improvements », *Innovation Policy and the Economy*, vol. 5, p. 33-56.
- BAUMOL W. et BOWEN W. [1965], « On the performing arts : the anatomy of their economic problems », *The American Economic Review*, vol. 55, n° 1-2, p. 495-502.
- BERLINER D. [2002], « Educational research : the hardest science of all », *Educational Researcher*, vol. 31, n° 8, p. 18-20.
- BESSEN J. et MEURER M. [2008], *Patent Failure*, Princeton University Press, Princeton.
- BOLDRIN M. et LEVINE D. [2002], « The case against intellectual property », *American Economic Review*, vol. 92, n° 2, p. 209-212.
- BOLTANSKI L. et CHIAPELLO E. [1999], *Le Nouvel Esprit du capitalisme*, Gallimard, Paris.
- BOOTH A. et SNOWER D. [1996], *Acquiring Skills : Market Failures, their Symptoms and Policy Responses*, Cambridge University Press, Cambridge GB.
- BRANSTETTER L., FISHMAN R., FRITZ FOLEY C. et SAGGI K. [2007], *Intellectual Property Rights, Imitation, and Foreign Direct Investment : Theory and Evidence*, National Bureau of Economic Research, Working Paper, n° 13033.
- BRESNAHAN T. [1999], « Computerization and wage dispersion », *The Economic Journal*, vol. 109, p. 390-415.
- [2003], « The mechanisms of information technology's contribution to economic growth », in TOUFFAIT J.P. (dir.), *Institutions, Innovation and Growth*, Edward Elgar, Cheltenham.
- BRYNJOLFSSON E. et HITT L. [2005], « Intangible assets and the economic impact of computers », in DUTTON W., KAFIR B., O'CALLAGHAN R. et WYCKOFF A. (dir.), *Transforming Enterprises*, The MIT Press, Cambridge MA.
- CALLON M., LASCOUMES P. et BARTHE Y. [2001], *Agir dans un monde incertain*, Seuil, Paris.
- CAMERON G. [2001], « Scientific data, the electronic era, intellectual property », in *IPR Aspects of Internet Collaborations*, Ec/Community Research, Bruxelles, Working Paper, n° EUR 19456.
- CARTER A.P. [1994], *Change as Economic Activity*, Brandeis University, Department of Economics, Working Paper, n° 333.
- [1996], « Measuring the performance of a knowledge-based economy », in FORAY D. et LUNDVALL B. (dir.), *Employment and Growth in the Knowledge-Based Economy*, OECD, Paris.

- CASSIER M. et FORAY D. [2001], « Économie de la connaissance : le rôle des consortiums de haute technologie dans la production d'un bien public », *Économie & Prévision*, n°150-151, p. 107-122.
- CETTE G. [2007], *Productivité et croissance en Europe et aux États-Unis*, La Découverte, « Repères », Paris.
- CUARTIER R. [1994], « Du codex à l'écran : les trajectoires de l'écrit », *Sofuris*, n° 1, PUR, Rennes.
- COCKBURN I. [2006], « Blurred boundaries : tensions between open scientific resources and commercial exploitation of knowledge in biomedical research », in KAHN B. et FORAY D. (dir.), *Advancing Knowledge and the Knowledge Economy*, The MIT Press, Cambridge MA.
- [2007], *Is the Market for Technology Working? Obstacles to Licensing Inventions, and Ways to Reduce Them*, Conference on The New Economics of Technology Policy, Monte Verita.
- [2008], « Pharmaceuticals », in MACHIER J. et MOWERY D.C. (dir.), *Innovation in Global Industries*, National Academies Press, Washington D.C.
- COCKBURN I., HENDERSON R. et STERN S. [1999], *The Diffusion of Science-Driven Drug Discovery : Organizational Change in Pharmaceutical Research*, National Bureau of Economic Research, Cambridge MA, Working Paper, n° 7359.
- [2004], *Balancing Incentives in Pharmaceutical Research*, National Bureau of Economic Research, Cambridge MA, Working Draft.
- COHEN W., NELSON R. et WALSH J. [2002], « Links and impacts : the influence of public research on industrial R&D », *Management Science*, vol. 48, n° 1, p. 1-23.
- COOK T. et FORAY D., « Building the capacity to experiment in schools : a case study of the Institute of Educational Sciences in the US Department of Education », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 16, n° 5.
- CORRADO C. et SICHEL D. [2006], *Intangible Capital and Economic Growth*, National Bureau of Economic Research, Cambridge MA, Working Paper, n° 11948.
- COWAN R., DAVID P.A. et FORAY D. [2000], « The explicit economics of knowledge codification and tacitness », *Industrial and Corporate Change*, vol. 9, n° 2, p. 211-253.
- DASGUPTA P. [1988], « The welfare economics of knowledge production », *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 4, n° 4.
- DASGUPTA P. et DAVID P.A. [1994], « Toward a new economics of science », *Research Policy*, vol. 23, n° 5, p. 487-521.
- DAVID P.A. [1990], « The dynamo and the computer : an historical perspective on the modern productivity paradox », *The American Economic Review*, vol. 80, n° 2, p. 355-360.
- [1993], « Knowledge, property and the system dynamics of technological change », *Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics 1992*, World Bank, Washington D.C.
- [1998], « Common agency contracting and the emergence of open science institutions », *The American Economic Review*, vol. 88, n° 2, p. 15-21.
- [1999a], « Path dependence and variety of learning in the

- evolution of technological practice », in ZIMAN J. (dir.), *Technological Innovation as an Evolutionary Process*, Cambridge University Press, Cambridge GB.
- [1999b], « Krugman's economic geography of development : NEG's, POG's and naked models in space », *International Regional Science Review*, vol. 22, n° 2, p. 162-172.
- [2002], *Do « Bigger and Better » Fences Make Better Neighbors in Science and Technology Research ? A statement for the Royal Society Committee on Intellectual Property*, Londres.
- DAVID P.A. et FORAY D. [1995], « Accessing and expanding the science and technology knowledge base », *STI Review*, n° 16, p. 13-68.
- [2002], « Une introduction à l'économie et à la société du savoir », *Revue internationale des sciences sociales*, UNESCO, n° 171, p. 13-28.
- DAVID P.A. et METCALFE S. [2008], « Only connect : academic-business research collaborations and the formation of ecologies of innovation », SIEPR, *Discussion Paper*, Stanford University, n° 07-33.
- DAVID P.A., MOWERY D.C. et STEINMUELIER W.E. [1992], « Analyzing the economic payoffs from basic research », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 2, n° 1, p. 73-90.
- EAMON W. [1985], « From the secret of nature to public knowledge : the origin of the concept of openness in science », *Minerva*, vol. 23, n° 3, p. 321-347.
- ELIASSON G. [1990], « The knowledge-based information economy », in ELIASSON G. et al. (dir.), *The Knowledge-Based Information Economy*, Almqvist & Wiksell International, Stockholm.
- ENOS J. [1996], « The adoption of innovations and the assimilation of improvements », in FENSTER C. et HOWE C. (dir.), *Chinese Technology Transfer in the 1990s : Current Experience, Historical Problems and International Perspectives*, Edward Elgar, Cheltenham.
- EPSTEIN S.R. [1998], « Craft guilds, apprenticeship, and technological change in pre-industrial Europe », *The Journal of Economic History*, vol. 58, n° 3, p. 681-713.
- ELMORE R. [1996], « Getting to scale with good educational practice », *Harvard Educational Review*, vol. 66, n° 1, p. 1-26.
- FAUCHART E. et HIPPKE E. VON [2008], « Norms-based intellectual property systems : the case of French chefs », *Organization Science*, vol. 19, n° 2, p. 187-201.
- FORAY D. [2004], *The Economics of Knowledge*, The MIT Press, Cambridge MA.
- [2007], « Enriching the indicator base for the economics of knowledge », in OECD, *Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World*, OCDE, Paris.
- [2008], *Technology Transfer in the TRIPS Age*, ICTSD Programme on Intellectual Property Rights and Sustainable Development, Genève.
- FORAY D. et GALATI F. [2003], *Measuring Knowledge Management in the Business Sector*, OCDE, Paris.
- FORAY D., HIAEL B. et MATRESSE J. [2007], *Pitfalls in Estimating the Returns to Corporate R&D Using Accounting Data*, First European

- Conference on Knowledge for Growth, IPTS, Séville.
- FORAY D. et HARGREAVES D. [2003], « The production of knowledge in different sectors : a model and some hypotheses », *London Review of Education*, vol. 1, n° 1, p. 7-19.
- FORAY D. et HILAIRE PEREZ L. [2006], « The economics of open technology : collective organization and individual claims in the "fabrique lyonnaise" during the old regime », in ANTONELLI C., FORAY D., HALL B. et STEINMUELLER W. (dir.), *New Frontiers in the Economics of Innovation and New Technology*, Edward Elgar, Cheltenham.
- FORAY D. et MAIRESSE J. [1998], *Innovations et performances des firmes*, Éditions de l'EHESS, Paris.
- FORAY D., MURNANE R. et NELSON R. [2007], « Randomized trials of education and medical practices : strenghts and limitations », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 16, n° 5, p. 303-306.
- FORAY D. et LHUILLERY S. [2007], *Structural Changes in industrial R&D in Europe and the US : Towards a New Model ?* First European Conference on Knowledge for Growth, IPTS, Séville, à paraître dans *Science and Public Policy*.
- FORAY D. et STEINMUELLER W.E. [2003a], « The economics of knowledge reproduction by inscription », *Industrial and Corporate Change*, vol. 12, n° 2, p. 299-319.
- [2003b], « On the economics of R&D and technological collaborations : insights and results from the project Colline », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 12, n° 1, p. 77-97.
- FORAY D. et VAN ARK B. [2007], *Smart Specialization, Policy Brief, n° 1*, Expert Group Knowledge for Growth, European Commission, Bruxelles.
- GAULT F. [2006], « Measuring knowledge and its economic effects : the role of official statistics », in KAHRN B. et FORAY D. (dir.), *Advancing Knowledge and the Knowledge Economy*, The MIT Press, Cambridge MA.
- GODIN B. [2007a], *The Knowledge Economy : Fritz Machlup's Construction of a Synthetic Concept*, Project on the History and Sociology of S&T Statistics, Canadian Science and Innovation Indicators Consortium, Montréal, Working Paper.
- [2007b], *The Information Economy : the History of a Concept through its Measurement, 1949-2005*, Project on the History and Sociology of S&T Statistics, Canadian Science and Innovation Indicators Consortium, Montréal, Working Paper.
- GOODY J. [1977], *The Domestication of the Savage Mind*, Cambridge University Press, Cambridge GB.
- GORDON R. [2000], « Does the new economy measure up to the great inventions of the past ? », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, n° 4, p. 49-72.
- GREENAN N. [1999], « Technologie de l'information et de la communication, productivité et emploi : deux paradoxes », in BROUSSEAU E. et RALLET A. (dir.), *Technologies de l'information, organisation et performances économiques*, Commissariat général du Plan, Paris.
- GRINDLEY P. et TEECE D. [1997], « Managing intellectual capital : licensing and cross-licensing in

- semiconductors and electronics », *California Management Review*, vol. 39, n° 2, p. 1-34.
- GRILICHES Z. [1995], « R&D and productivity : econometric results and measurement issues », in STONEMAN P. (dir.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Basil Blackwell, Oxford.
- HALL B. [1996], « The private and social returns to research and development », in SMITH B. et BARFIELD C. (dir.) *Technology, R&D and the Economy*, The Brookings Institution and American Enterprise Institute, Washington D.C.
- [2001], *The Global Nature of IP : Discussion*, Toronto IP Conference, mars.
- [2004], *Exploring the Patent Explosion*, National Bureau of Economic Research, Cambridge MA, Working Paper, n° 10605.
- [2007], « The funding gap : financial markets and investments in innovation », in FORAY D. (dir.), *The New Economics of Technology Policy*, à paraître en 2009.
- HANSEN M., NOHRIA N. et TIERNEY T. [1999], « What's your strategy for managing knowledge ? », *Harvard Business Review*, mars-avril, p. 106-116.
- HATCHUEL A. et WEIL B. [1992], *L'Expert et le Système*, Economica, Paris.
- HAUSMANN R. et RODRIK D. [2002], *Economic Development as Self-Discovery*, National Bureau of Economic Research, Cambridge MA, Working Paper, n° 8952.
- HEDSTROM M. et KING J. [2006], « Epistemic infrastructure in the rise of the knowledge economy », in KAILIN B. et FORAY D. (dir.), *Advancing Knowledge and the Knowledge Economy*, The MIT Press, Cambridge MA.
- HELLER M. et EISENBERG R. [1998], « Can patents deter innovation ? The anticommons in biomedical research », *Science*, vol. 280, p. 698-701.
- HENDERSON R., JAFFE A. et TRATTENBERG M. [1998], « Universities as a source of commercial technology », *Review of Economics and Statistics*, février.
- HIPPEL E. VON [1988a], *The Sources of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- [1988b], « Trading trade secrets », *Technology Review*, février-mars, p. 58-64.
- [1994], « Sticky information and the locus of problem solving : implications for innovation », *Management Science*, vol. 40, n° 4, p. 429-439.
- [2007], *Democratizing Innovation*, The MIT Press, Cambridge MA.
- HIPPEL E. VON et TYRE M. [1995], « How learning by doing is done : problem identification in novel process equipment », *Research Policy*, vol. 24, p. 1-12.
- HIPPEL E. VON et KROGH G. VON [2003], « The private collective model of innovation : issues for organization science », *Organization Science*, p. 209-223.
- HIRSHLEIFER J. [1971], « The private and social value of information and the reward to inventive activity », *American Economic Review*, septembre, p. 561-574.
- JACOB C. (dir.) [2007], *Lieux de savoir*, Albin Michel, Paris.
- JAFFE A. [1989], « Real effects of academic research », *American Economic Review*, vol. 79, p. 957-970.

- [1999], *Measuring Knowledge in the Health Sector*, OECD/NSF High-level forum, NSF, Washington D.C.
- JAFFE A. et LERNER J. [2004], *Innovation and its Discontents*, Princeton University Press, Princeton.
- JAFFE A., NEWELL R. et STAVINS R. [2004], « Technology policy for energy and environment », *Innovation Policy and the Economy*, vol. 4, p. 35-68.
- KENDRICK J.W. [1994], « Total capital and economic growth », *Atlantic Economic Journal*, vol. 22, n° 1, mars, p. 1-18.
- KLIFE J. et ROSENBERG N. [1991], « An overview of innovation », in LANDAU R. et ROSENBERG N. (dir.), *The Positive Sum Strategy*, National Academy Press, Washington D.C.
- KNORR CETINA K. [1999], *Epistemic Cultures*, Cambridge University Press, Cambridge GB.
- KREMER M. [1997], *Patent Buy-Outs : a Mechanism for Encouraging Innovation*, National Bureau of Economic Research, Cambridge MA, *Working Paper*, n° 6304.
- [2000], « Creating markets for vaccines », *Innovation Policy and the Economy*, vol. 1, p. 73-118.
- KREMP E. et MAIRESSE J. [2003], « Knowledge management, innovation and productivity : a firm level exploration based on the French CIS3 data », in FORAY D. et GAULT F. (dir.), *Measuring Knowledge Management in the Business Sector: First Steps*, OCDE, Paris.
- LARRONT J.J. [1989], *The Economics of Uncertainty and Information*, The MIT Press, Cambridge MA.
- LAM A. [2000], « Tacit knowledge, organisational learning and societal institutions : an integrated framework », *Organizational Studies*, vol. 21, n° 3, p. 487-513.
- LECUYER C. [1998], « Academic science and technology in the service of industry : MIT creates a permeable engineering school », *American Economic Review*, vol. 88, n° 2, p. 28-33.
- LEROI-GOURHAN A. [1964], *Techniques et langages*, Albin Michel, Paris.
- LONG P. [1991], « The openness of knowledge : an ideal and its context in 16th-century writings on mining and metallurgy », *Technology and Culture*, p. 318-355.
- LOSHIN J. [2007], *Secrets Revealed : how Magicians Protect Intellectual Property without Law*, Yale School of Law, *Working Draft*.
- LOVE H. [1993], *Scribal Publication in Seventeenth-Century England*, Clarendon Press, Oxford.
- MACHER J. et MOWERY D.C. [2008], *Innovation in Global Industries*, National Academies Press, Washington D.C.
- MACHLUP F. [1962], *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, Princeton University Press, Princeton.
- [1984], *Knowledge, its Creation, distribution and Economic Significance*, vol. III, Princeton University Press, Princeton.
- MACKENZIE D. et SPINARDI G. [1995], « Tacit knowledge, weapons design and the uninvention of nuclear weapons », *American Journal of Sociology*, vol. 101, n° 1.
- MAIRESSE J. [1998], « Sur l'économie de la recherche technique », in GUESNERIE R. et HARTOG F. (dir.), *Des sciences et des techniques : un débat*, Éditions de l'EHESS, Paris.

- MANSFIELD E. [1977], « Social and private rates of return from industrial innovation », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 363, n° 2, p. 221-240.
- [1985], « How rapidly does new industrial technology leak out ? », *Journal of Industrial Economics*, vol. XXXIV, n° 2, p. 217-223.
- [1995], « Academic research underlying industrial innovations : sources, characteristics and financing », *Review of Economics and Statistics*, vol. 77, p. 55-65.
- MICHEL S. [2002], « Formation et croissance économique en longue période : vers une continuité des temps de formation sur le cycle de vie ? », *Économies et Sociétés, Série F*, vol. 40, n° 3-4, p. 533-566.
- MIDDLEBURY C. [2007], « Les challenges de la compétition par l'innovation dans l'industrie automobile », in MOTTIS N., *L'Art de l'innovation*, L'Harmattan, Paris.
- MOKYR J. [2000], « The rise and fall of the factory system : technology, firms and households since the Industrial Revolution », *Journal of Monetary Economics*, à paraître.
- MOWERY D.C. et SIMCOE T. [2002], « Is the Internet a US invention? An economic and technological history of computer networking », *Research Policy*, vol. 31, p. 1369-1387.
- MURNANE R. et NELSON R.R. [1984], « Production and innovation when techniques are tacit : the case of education », *Journal of Economic Behaviour and Organisation*, vol. 5, p. 353-373.
- NAVARETTI G., DASGUPTA P., MÄLER K. et SINISCALCO D. [1998], *Creation and Transfer of Knowledge*, Springer, Heidelberg.
- NELSON R.R. [1959], « The simple economics of basic scientific research », *Journal of Political Economy*, vol. 67, p. 297-306.
- [2005], *Technology, Institutions and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge MA.
- OCDE [2007a], *Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World*, OCDE, Paris.
- [2007b], *Science, Technology and Industry Scoreboard*, OCDE, Paris.
- OLSON G. et OLSON J. [2003], « Mitigating the effects of distance on collaborative intellectual work », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 12, n° 1, p. 27-42.
- PERRIAULT J. [1993], « The transfer of knowledge within the craft industries and trade guilds », in BERTHELET A. et CHAVAILLER J. (dir.), *The Use of Tools by Human and Non-Human Primates*, Clarendon Press, Oxford.
- PHELPS E. [2003], *Economic Underperformance in Continental Europe : a Prospering Economy Runs on the Dynamism From its Economic Institutions*, lecture, Royal Institute for International Affairs, Londres.
- PHILIPPON T. et VERON N. [2008], *Financing Europe's Fast Movers*, Bruegel Policy Brief, Bruxelles, janvier, n° 2008/01.
- PLANT A. [1934], « The economic aspects of copyright in books », *Economica*, mai, p. 167-195.
- POLANYI M. [1966], *The Tacit Dimension*, Doubleday, New York.
- PORAT M. et RUBIN M. [1977], *The Information Economy*, Government Printing Office, Washington D.C.
- POWELL W.W. et SNELMAN K., [2004], « The knowledge economy »,

- American Review of Sociology*, vol. 30, p. 199-220.
- QUAH D. [1999], *The Weightless Economy in Economic Development*, LES Economic Department, Londres.
- RAI A. [2006], «Open and collaborative biomedical research : theory and evidence », in KAHNIN B. et FORAY D. (dir.), *Advancing Knowledge and the Knowledge Economy*, The MIT Press, Cambridge MA.
- RAUSTALIA K. et SPRIGMAN C. [2006], *The Piracy Paradox : Innovation and Intellectual Property in Fashion Design*, à paraître dans *Virginia Law Review*.
- ROMER P. [1993], « The economics of new ideas and new goods », *Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics 1992*, World Bank, Washington D.C.
- [2001], « Should the government subsidize supply or demand in the market for scientists and engineers ? », *Innovation Policy and the Economy*, vol. 1, p. 221-252.
- ROSENBERG N. [1982], *Inside the Black Box : Technology and Economics*, Cambridge University Press, Cambridge GB.
- [1992], «Science and technology in the twentieth century », in DOSI G., GIANNETTI R. et TONNELLI P.A. (dir.), *Technology and Enterprise in an Historical Perspective*, Clarendon Press, Oxford.
- ROSSI P. [1999], *La Naissance de la science moderne en Europe*, Seuil, Paris.
- RUBIN M. et HUBER M. [1984], *The Knowledge Industry in the United States, 1960-1980*, Princeton University Press, Princeton.
- SAMUELSON P. et SCOTCHMER S. [2001], *The Law and Economics of Reverse Engineering*, University of California, Berkeley.
- SAXENIAN A. [2003], « Transnational technical communities and regional growth in the periphery », in TOUFFUT J.P. (dir.) *Institutions, Innovation and Growth*, Edward Elgar, Cheltenham.
- SCOTCHMER S. [2004], *Innovation and Incentives*, The MIT Press, Cambridge MA.
- SIMON H. [1982], *Models of Bounded Rationality : Behavioural Economics and Business Organization*, vol. 2, The MIT Press, Cambridge MA.
- SMITH A. [1776], *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, Gallimard, « Folio/ Essais », Paris, 1990.
- SOLOW R. [1997], *Learning from « Learning by Doing »*, Stanford University Press, Stanford.
- STEINMUELLER W.E. [2006a], « Knowledge, platforms and the division of labor », in KAHNIN B. et FORAY D. (dir.), *Advancing Knowledge and the Knowledge Economy*, The MIT Press, Cambridge MA.
- [2006b], « Learning in the knowledge-based economy : the future as viewed from the past », in ANTONELLI C., FORAY D., HALL B. et STEINMUELLER W. (dir.), *New Frontiers in the Economics of Innovation and New Technology*, Edward Elgar, Cheltenham.
- STIGLIZ J. [1991], *Social Absorption Capability and Innovation*, Stanford University, *CEPR Discussion Paper Series*, n° 292.
- [1994], « Economic growth revisited », *Industrial and Corporate Changes*, vol. 3, n° 1, p. 65-110.

- [1999], *Public Policy for a Knowledge Economy*, presentation at the DTT and CEPR, Londres, 27 janvier.
- [2002], « Information and change in the paradigm of economics », *The American Economic Review*, vol. 92, n° 3, p. 460-500.
- STIGLITZ J. et WALLSTEN S. [1999], « Public-private technology partnership », *American Behavioral Scientist*, vol. 43, n° 1, p. 52-73.
- TEECE D. [1998], « Capturing value from knowledge assets », *California Management Review*, vol. 40, n° 3, p. 55-79.
- THOMKE S. [2006], « Innovation, experimentation and technological change », in KAHN B. et FORAY D. (dir.), *Advancing Knowledge and the Knowledge Economy*, The MIT Press, Cambridge MA.
- TOOLE A. [1998], *The Contribution of Public Science to Industrial Innovation : an Application to the Pharmaceutical Industry*, Stanford University, SIEPR Discussion Paper, n° 98-6.
- TRAJTENBERG M. [2007], « Innovation policy for development », in FORAY D. (dir.) *The New Economics of Technology Policy*, à paraître en 2009.
- TRIPLETT J. et BOSWORTH B. [2003], « Productivity measurement issues in service industries : Baumol's disease has been cured », *FBNY Economic Policy Review*, septembre, p. 23-33.
- TUBIANA M. [2008], *N'oublions pas demain*, Éditions de Fallois, Paris.
- TYRE M. et HIPPEL E. VON [1997], « The situated nature of adaptive learning in organizations », *Organization Science*, vol. 8, n° 1, p. 71-83.
- WEIZENBAUM J. [1976], *Computer Power and Human Reason*, W.H. Freeman, New York.
- WYCKOFF A. et SCHAAFER M. [2006], « The changing dynamics of the global market for highly skilled », in KAHN B. et FORAY D. (dir.), *Advancing Knowledge and the Knowledge Economy*, The MIT Press, Cambridge MA.