

L'EVOLUTION DE LA RECHERCHE INDUSTRIELLE ET SES CONSEQUENCES SUR L'EMPLOI SCIENTIFIQUE

Jean-Paul BELTRAMO

Les modèles généraux d'interprétation des transformations des modalités de production des connaissances qui ont été formulés dans la période récente (le « mode 2 » de Gibbons et alii, la « triple hélice » de Etzkowitz et Leydesdorff, ...) développent la thèse centrale suivante :

- Les diplômés de l'enseignement supérieur étant devenus trop nombreux pour être absorbés par la recherche disciplinaire, ils ont essaimé ailleurs et en conséquence la recherche de haut niveau se fait dans des lieux diversifiés,
- parallèlement à l'augmentation de l'offre de compétences, il y a une augmentation de la demande sociale de recherche et en conséquence la création de multiples connaissances spécialisées alimentées par un capital humain flexible,
- il y a émergence de marchés de connaissances spécialisées, ce qui entraîne des changements dans toutes les institutions productrices de connaissances.

En conséquence, la recherche industrielle peut être considérée comme un substitut de la recherche académique et l'emploi des docteurs dans les entreprises peut se substituer aux carrières académiques.

La politique visant à inciter les docteurs à se tourner vers les emplois en entreprise est en phase avec ce point de vue.

Les enquêtes en entreprises reflètent peu la conception d'une hybridation des savoirs et de leurs lieux de production. La division du travail entre une production scientifique prise en charge par les universités et les laboratoires publics et une production technologique assurée par les entreprises, est loin de constituer une représentation obsolète de la réalité. D. Hicks (1995, *Industrial and Corporate Change*, vol. 4, 2) s'appuyant sur la littérature existante, constate que les grandes entreprises innovantes interrogées répondent toutes que la recherche de base revient aux universités et que seules les entreprises peuvent réaliser, par le développement technologique, la transformation des résultats de la recherche en marchandises. Nos propres investigations auprès de laboratoires centraux de grands groupes industriels et de petites et moyennes entreprises de haute technologie confirment la pérennité de cette conception de la division du travail scientifique et technologique.

Cet exposé vise donc à donner quelques repères sur l'évolution de la recherche en entreprise et à apporter des éléments de vérification de l'hypothèse du maintien de la différenciation fonctionnelle et institutionnelle de la production des savoirs.

Nous examinerons en premier lieu quelques indicateurs standards fournissant des données sur les changements intervenus en matière de ressources consacrées à la R&D dans les entreprises en France.

De façon complémentaire, nous utiliserons des informations issues d'études de cas sur les stratégies actuellement élaborées par les firmes pour orienter leurs investissements dans le domaine de la R&D.

Les questions de l'émergence d'une industrie de la connaissance et des collaborations de recherche seront également abordées.

Après avoir rappelé quelques données sur la structure de qualification des emplois de R&D en entreprise, nous concluons sur les conséquences de l'évolution de la recherche industrielle sur l'emploi des docteurs.

1- Les indicateurs de la R&D des entreprises (RDE)

Un constat global : la majorité du financement de la R&D dans le monde provient des entreprises.

Tableau 1 / Financement de la DIRD* (%)

1998				
	Union européenne	France	Etats-Unis	Japon
État (civil)	32,6	30,6	16,8	24,0
État (militaire)	6,8	11,2	17,5	1,0
Étranger	6,9	7,9	0,0	0,1
Entreprises	53,7	50,3	65,7	75,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
Volume (milliard d'euros)	143,3	27,0	214,3	84,1

*DIRD: Dépense intérieure de recherche et développement - Source: rapport OST-2002

Une présentation statistique plus détaillée de la recherche industrielle en France met en évidence les phénomènes suivants :

1° Une répartition très inégale de l'effort de R&D selon les branches d'activité économique et une évolution fortement contrastée au cours des années 90 :

- En progression pour la pharmacie, les équipements radio, télé et communication, l'automobile.
- En forte régression pour l'aéronautique et le spatial, les instruments médicaux, de précision et d'optique.
- De façon plus surprenante, le poids relatif de la R&D pour la fabrication de matériel de bureau et informatique chute presque de moitié, les services informatiques restent très stables.
- L'ingénierie double mais reste à un niveau modeste (3 % de l'ensemble).

Tableau 2 / RDE France

DEPENSES INTERIEURES DE R&D DES ENTREPRISES PAR BRANCHE D'ACTIVITE ECONOMIQUE DE 1992 A 1999 (STRUCTURE)

Branches d'activité économique	1992	1993	1994	1995	1996	1997 révisé	1998 révisé	1999
Agriculture, sylviculture, pêche, aquaculture	1.1%	1.1%	1.2%	1.1%	1.2%	1.2%	1.5%	1.3%
Industries agricoles et alimentaires	1.7%	1.9%	1.7%	1.8%	1.8%	1.8%	1.9%	1.8%
Energie et extraction de produits énergétiques	4.1%	4.0%	3.9%	3.8%	4.9%	4.8%	4.7%	4.3%
Autres extractions et métallurgie (1)	2.0%	1.9%	1.7%	1.9%	1.7%	1.7%	1.7%	1.4%
Textiles, habillement, cuirs et chaussures	0.5%	0.6%	0.7%	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%	0.5%
Bois, papier, carton, édition, imprimerie	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%
Industries manufacturières diverses	0.3%	0.4%	0.4%	0.6%	0.6%	0.7%	0.7%	0.9%
Industrie chimique (2)	6.9%	6.1%	5.9%	6.2%	6.3%	6.2%	6.3%	6.1%
Industrie pharmaceutique (3)	9.5%	10.8%	11.4%	12.0%	12.3%	12.6%	12.8%	13.2%
Caoutchouc et plastiques	2.0%	2.0%	1.9%	2.1%	2.5%	2.6%	2.8%	2.8%
Fabrication de verre et articles en verre	0.7%	0.7%	0.6%	0.7%	0.7%	0.7%	0.8%	0.8%
Fabrication de matériaux de construction	0.4%	0.5%	0.4%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.4%
Travail des métaux	1.1%	1.4%	1.3%	1.4%	1.2%	1.2%	1.0%	1.0%
Fabrication de machines et équipements (4)	5.7%	5.5%	5.3%	4.9%	4.6%	4.4%	4.6%	4.5%
Fabrication de machines de bureau et matériel informatique	3.4%	3.2%	3.0%	2.7%	2.6%	2.4%	2.4%	1.9%
Fabrication de machines et appareils électriques	3.2%	3.4%	3.5%	3.6%	3.4%	3.5%	3.7%	3.7%
Fabrication d'équipements radio, télé et communication (5)	9.9%	10.4%	11.4%	11.0%	11.5%	11.6%	12.9%	12.5%
Fabrication d'instruments médicaux, de précision, d'optique	11.7%	10.9%	10.8%	10.3%	9.5%	9.6%	7.1%	6.7%
Industrie automobile	10.9%	12.0%	13.1%	12.9%	11.9%	11.8%	11.9%	13.4%
Construction navale et matériels de transport terrestre (6)	0.3%	0.6%	0.6%	0.5%	0.6%	0.5%	0.6%	0.6%
Construction aéronautique et spatiale	17.0%	14.7%	13.3%	13.2%	13.7%	11.2%	11.6%	11.8%
Industrie du bâtiment et du génie civil	0.8%	0.8%	0.7%	0.8%	0.7%	0.9%	1.0%	0.9%
Services de transport et de communications	2.6%	2.7%	2.9%	3.0%	2.9%	5.0%	4.4%	3.6%
Services informatiques	2.5%	2.6%	2.5%	2.5%	2.3%	2.3%	2.1%	2.5%
Ingénierie, études et contrôles techniques	1.4%	1.4%	1.4%	1.6%	1.6%	1.8%	2.4%	3.0%
TOTAL DIRD ENTREPRISES	100%							

Source : MEN / DPD

(1) y compris la sidérurgie, la fonderie et la première transformation des métaux non ferreux

(2) y compris fibres artificielles et synthétiques

(3) y compris la fabrication des principes actifs

(4) y compris armement et appareils domestiques

(5) y compris composants électroniques

(6) hors automobile

2° La recherche fondamentale représente une part globalement faible de la RDE et très inégalement répartie entre les branches d'activités : la recherche fondamentale représente moins de 5 % des activités de R&D des entreprises.

Cependant, la situation est très contrastée :

- 4 branches seulement se situent au-dessus de la moyenne - l'ensemble pharmacie (17,2 %), chimie (9,1 %), caoutchouc et plastiques (7,7 %), ainsi que, de façon plus surprenante, la métallurgie (16,8 %).
- La fabrication de matériel informatique, d'équipement radio, télé et de communication ainsi que les services de transports et télécommunication consacrent moins de 1 % de leur R&D à la recherche fondamentale tandis que les services informatiques et l'ingénierie ne dépassent pas respectivement 1,5 % et 3,7%.

Tableau 3 / RDE France

Branche d'activité économique	Part de la recherche fondamentale dans la DIRD
Agriculture, sylviculture, pêche, aquaculture	2.8%
Industries agricoles et alimentaires	2.7%
Energie et extraction de produits énergétiques	4.2%
Autres extractions et métallurgie (1)	16.8%
Textiles, habillement, cuirs et chaussures	1.0%
Bois, papier, carton, édition, imprimerie	1.8%
Industries manufacturières diverses	0.4%
Industrie chimique (2)	9.1%
Industrie pharmaceutique (3)	17.2%
Caoutchouc et plastiques	7.7%
Fabrication de verre et articles en verre	3.7%
Fabrication de matériaux de construction	5.1%
Travail des métaux	0.8%
Fabrication de machines et équipements (4)	0.9%
Fabrication de machines de bureau et matériel informatique	0.3%
Fabrication de machines et appareils électriques	1.6%
Fabrication d'équipements radio, télé et communication (5)	0.8%
Fabrication d'instruments médicaux, de précision, d'optique	2.7%
Industrie automobile	0.3%
Construction navale et matériels de transport terrestre (6)	4.7%
Construction aéronautique et spatiale	2.3%
Industrie du bâtiment et du génie civil	2.1%
Services de transport et de communications	0.3%
Services informatiques	1.5%
Ingénierie, études et contrôles techniques	3.7%
TOTAL DIRD ENTREPRISES	4.5%

Source : MEN / DPD

(1) y compris la sidérurgie, la fonderie et la première transformation des métaux non ferreux

(2) y compris fibres artificielles et synthétiques

(3) y compris la fabrication des principes actifs

(4) y compris armement et appareils domestiques

(5) y compris composants

(6) hors automobile

3° Les flux inter-entreprises représentent la très grande majorité de la R&D sous-traitée par les entreprises

Tableau 4 / RDE France

LA SOUS-TRAITANCE DE R&D DES ENTREPRISES PAR SECTEUR D'EXECUTION DE 1992 A 1999								
En millions de francs	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<i>Dépenses exécutées par</i>								
Secteur de L'Etat	1,380	1,418	1,461	1,504	1,590	1,576	1,576	1,715
CEA		998	1,020	1,032	1,132	1,114	1,180	1,257
Autres organismes (1)		420	440	472	458	462	396	458
Enseignement Supérieur	524	846	709	774	682	718	757	655
Universités et établissements d'enseignement supérieur	524	676	578	633	544	588	632	515
CNRS		170	131	141	138	130	125	140
ISBL	282	327	252	228	207	233	244	124
Entreprises en France	14,348	17,191	18,624	18,638	17,584	17,955	18,152	22,001
Filiales de groupes	5,852	5,501	8,013	7,475	7,057	6,987	5,413	5,999
Autres entreprises	8,101	11,331	10,309	10,862	10,257	10,655	12,319	15,687
Organismes professionnels	395	359	302	301	270	313	420	314
Etranger et organismes internationaux	7,850	7,911	6,257	6,086	6,180	5,707	6,212	6,147
Filiales de groupes		1,864	1,864	1,948	2,054	2,010	2,038	2,260
Autres entreprises		5,232	3,932	3,718	3,835	3,455	3,818	3,575
Organismes internationaux ou étrangers		815	461	420	291	242	356	312
TOTAL DEPENSES EXTERIEURES DE R&D	24,384	27,693	27,301	27,230	26,243	26,189	26,941	30,641

Source : MEN / DPD

(1) La rubrique 'Autres organismes' comprend L'INRA, l'ONERA, l'INRIA, le CNES etc...

4° De façon surprenante la R&D dans les technologies de l'information et de la communication régresse

Tableau 5 / RDE France
La R&D dans les technologies de l'information et de la communication (TIC)

	1994	1996	1997	1998	1999
DIRD en MF	32 207	31 210	33 833	32 200	32 211
<i>en % du total</i>	29,7	27,8	29,7	27,8	26,3
Financement public en MF	6 811	6 261	5 376	4 944	5 250
<i>en % du total</i>	38,7	41,0	41,1	41,3	36,8
- dont financement Défense	4 707	4 312	3 606	3 252	3 533
- dont financement civil	2 104	1 950	1 770	1 692	1 717
- dont STSI	1 435	998	787	769	552
Chercheurs et ingénieurs en ETP	26 340	26 048	27 760	26 789	27 657
Effectif total de R&D en ETP	45 969	44 084	47 942	45 511	45 906

Source : MEN /DPD / Note d'information 01-50

Sont classées dans la catégorie des TIC, les activités suivantes :

- *Activités industrielles : fabrication d'ordinateurs et d'autres équipements informatiques (NAF 300 C), fabrication de fils et câbles isolés (NAF 313), fabrication d'équipements de radio, télévision et communication (NAF 32), fabrication d'instruments de mesure et de contrôle (NAF 332), fabrication d'équipements de contrôle des processus industriels (NAF 333) ;*
- *Activités de services : télécommunications (NAF 642), activités informatiques (NAF 72)*

2- Place et rôle de la R&D dans les stratégies des entreprises

Le poids des fusions-acquisitions relativise la place des objectifs technologiques

Les investissements de R&D (tels qu'on peut les mesurer par les études sur l'investissement direct à l'étranger) sont d'abord des opérations de rachats. L'acquisition d'actifs technologiques apparaît rarement comme le motif principal d'une opération de rachat ou de fusion : c'est généralement la conséquence de décisions prises pour des motifs qui ne sont pas de nature technologique, comme l'implantation sur un marché ou la recherche de la taille critique (Madoeuf et Lefebvre, *Education & Formation*, Avril-Juin 2001)

Le laboratoire central, forme obsolète de l'organisation de la recherche industrielle ?

Les laboratoires centraux de R&D ont concrétisé l'autonomisation des fonctions de recherche et de développement au sein des entreprises. Qu'en est-il maintenant ?

Au préalable, on rappellera que les laboratoires centraux des grandes entreprises ont assuré des fonctions qui vont bien au-delà de la production des connaissances à l'intérieur de la firme et de l'absorption des connaissances externes nécessaires.

Le rôle de « pépinière », c'est-à-dire de formation de l'encadrement technologique de l'ensemble de l'entreprise, leur a souvent été attribué (Beltramo ; Paul et Perret, *International Journal of Technology Management*, 2001). Le développement des politiques de « vivier » pourrait mettre en péril l'accumulation des savoirs et savoirs-faire au sein des laboratoires industriels (Courpasson, in Lanciano et Alii, « Les acteurs de l'innovation et l'entreprise », 1998).

À l'exception du secteur de la pharmacie, la recherche proprement dite ne mobilise qu'une partie restreinte des ingénieurs affectés aux laboratoires centraux de R&D. A titre indicatif, dans l'ancienne organisation des prestigieux Laboratoires Bell, lorsque ceux-ci constituaient les laboratoires centraux d'AT&T, 1 300 ingénieurs seulement sur 24 000 étaient employés dans la partie recherche (Buderi, *Technology Review*, Sept/Oct 1998).

Cette évolution interne s'accompagne de fermetures ou démantèlements de grands laboratoires centraux. Les exemples étrangers sont connus : AT&T, IBM, General Electric, Xerox, Kodak... En France, l'ex laboratoire central de recherche de Thomson (maintenant Thales) connaît le même sort.

La recherche industrielle semble donc marquée par l'externalisation d'une partie des activités de R&D et l'intégration plus poussée de la fonction de R&D aux autres fonctions de l'entreprise et, de façon complémentaire, par l'augmentation de la mobilité interne entre la fonction de recherche et les autres fonctions.

3- Emergence d'une industrie de la connaissance ?

Spécialisation de firmes indépendantes dans la production de compétences et de connaissances technologiques : bureaux conseils en ligne avec contrats à long terme, assistance accompagnant la vente de logiciels, co-engineering, tests à distance, contrôle de qualité, ...

En raison de possibilités accrues d'appropriation, donc de commercialisation, des méthodologies spécifiques de résolution des problèmes, et de coûts de transactions réduits grâce au développement des TICS (Antonelli).

Ces nouvelles firmes sont présentées comme des convertisseurs, dans les deux sens, entre les connaissances tacites fixées chez les clients apprentis et les connaissances «quasi-génériques» des utilisateurs compétents des universités et des laboratoires publics ;

Les bureaux d'études et de conseils, comme les institutions de recherche indépendantes ou intermédiaires, sont en fait très dépendants de la recherche universitaire (Laperche, Weingart).

4- La recherche partagée : de quoi parle-t-on ?

Le partage des coûts de R&D en ce qui concerne la coopération technologique inter-firmes, la nécessité d'obtenir des ressources additionnelles dans un contexte de pénurie pour les laboratoires universitaires et publics et les perspectives d'appropriation des avancées scientifiques pour les partenaires industriels sont des explications élémentaires mais relativement robustes du développement des collaborations scientifiques et technologiques. Les analyses qui interprètent ces coopérations comme de véritables créations collectives de

connaissances reposant sur l'hybridation des organismes partenaires semblent liées à des contextes particuliers (biotechnologies). De même, l'accroissement des co-signatures entre chercheurs industriels et universitaires (Stephen), n'implique pas ipso facto une véritable collaboration scientifique, des études sectorielles montrent que la co-signature peut-être seulement la contrepartie de matériels mis à disposition du laboratoire universitaire.

À propos des conditions de reproduction de la science, l'argument de Gibbons, Etzkowitz et alii consiste à reprendre les considérations des sociologues des sciences constructivistes, tels David et Collins (1966) pour qui les nouvelles disciplines ne sont plus issues des anciennes, mais naissent d'une conjonction d'intérêts théoriques et pratiques (ex. de l'informatique, de la science, des matériaux, des nanotechnologies). Ainsi pour Gibbons ce qui justifie le passage à un nouveau mode de production de connaissance c'est que des connaissances fondamentales seraient produites en dehors de la recherche disciplinaire (ce serait vrai dans les sciences informatiques, des matériaux, biomédicales et de l'environnement qui échapperaient au modèle disciplinaire).

A l'opposé, pour Weingart, la persistance des disciplines au-delà des problèmes à résoudre est le fait inéluctable de la différenciation fonctionnelle de la production de connaissances scientifiques.

En résumé

Les firmes peuvent avoir intérêt à financer une partie de la recherche de base (Mowery, Cohen et Levinthal, Rosenberg), mais dans des proportions qui de toute façon ne peuvent rester que très limitées en raison de l'incertitude des résultats. Ceci se manifeste essentiellement dans le secteur de la pharmacie.

L'opposition fondamentale entre la recherche disciplinaire telle qu'elle s'est constituée dans les universités et la recherche de la solution d'un problème telle qu'elle se pose dans la production ne semble pas abolie (Perrin).

5- Quelques données sur l'emploi des docteurs par la recherche industrielle

Note : le dernier rapport sur les études doctorales souligne l'augmentation des emplois en entreprise, mais ne permet pas de mesurer ce qu'il en est pour les emplois de chercheurs industriels.

Les diplômes des chercheurs en entreprise en France (en %)

	1984	1990	1995
Ensemble des chercheurs	100,0	100,0	100,0
. Promotion par le travail	15,9	15,4	13,9
. Licence ou maîtrise, DEA	10,1	11,7	12,1
. Diplôme d'ingénieur	60,1	54,8	55,0
. Docteur-ingénieur	3,4	3,6	5,2
. Doctorat	5,9	8,2	7,3
. Autres	4,6	6,3	6,5

Sources : enquête chercheurs/DGRT (MESR/DGRT/SDSP/Département des statistiques, 1998)

**Hors non ventilés*

***Les données à partir de 1992 ne sont pas comparables aux précédentes pour des raisons de changement de méthode et de champ de l'enquête.*

Conclusion

Les politiques ont mis l'accent sur l'orientation des docteurs vers le secteur privé; l'évolution de la recherche industrielle et les besoins de renouvellement de la recherche universitaire et publique, dont il sera sans doute question dans la prochaine table ronde, doivent, de notre point de vue, recentrer l'attention sur les flux de docteurs nécessaires à la reproduction de la recherche académique.