

Jean-Louis DARRÉON
Brigitte GUYOT
Claude JAMEUX
Philippe JEANNIN
Alain LEFEBVRE
Christian LE MOENNE
Luc MARCO
Jean MENVILLE
Jean-Yves NEVERS
Jacques PALARD
Isabelle PAILLIART
Josy RICHEL-BATTESTI

Sciences de gestion, LERASS, IUT de Tarbes
Sciences de l'information, INTD-CNAM, Paris
Sciences de gestion, GEREC, Université de Savoie
Sciences économiques, LERASS, IUT de Tarbes
Aménagement, GRESOC, Université Toulouse II
Sciences de la communication, CERSI, Université Rennes II
Sciences de gestion, Université Paris V
Sciences économiques, LERASS, IUT, Université Toulouse III
Sociologie, CERTOP-CNRS, Université Toulouse II
Science politique, CERVL-CNRS, IEP de Bordeaux
Sciences de la communication, GRESEC, Université Grenoble III
Géographie, Université Aix-Marseille II

Correspondants

Mario CACIAGLI
Alan HUGUES
Jean-Guy LACROIX
Remigio RATTI
Ramon ZALLO

Science politique, Université de Florence, Italie
Sciences économiques, ESRC, Université de Cambridge, Angleterre
Sociologie, GRICIS, UQAM, Québec
Économie régionale, Université de Lugano, Suisse
Sciences de la communication, Université de Bilbao, Espagne

Comité scientifique

Paul BEAUD
Paul CLAVAL
Beate KOHLER-KOCH
Jean-Arnaud MAZÈRES
Jean-Louis LE MOIGNE
Armand MATTELART
Michel MIAILLE
Bernard MIÈGE
Pascal PETIT
Gilbert De TERSSAC

Sociologie, Faculté des Sciences sociales et politiques, Lausanne, Suisse
Géographie, Université Paris IV
Science politique, Université de Manheim, Allemagne
Droit public, Université Toulouse I
Sciences de gestion, Université Aix-Marseille III
Sciences de la communication, Université Paris VIII
Science politique, Université Montpellier I
Sciences de la communication, Université Grenoble III
Sciences économiques, CEPREMAP, Paris
Sociologie, Université Toulouse II



Sciences
de la Société

Directeur de la publication
et Directeur scientifique
Robert BOURE

Rédacteurs en chef
Alain LEFEBVRE, Luc MARCO, Jean MENVILLE

Secrétariat de rédaction
Guy BARATHIEU, Marie-Rose GONNE

ISSN 1155-5865

© Sciences de la Société 1997

Editeur : Presses Universitaires du Mirail
Université de Toulouse-Le-Mirail
5, allées Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex
Tél. : (33) 05 61 50 38 10 - Télécopie : (33) 05 61 51 51 51

Rédaction : Sciences de la Société
IUT - 115, route de Narbonne - 31077 Toulouse cedex
Tél. : (33) 05 62 25 82 80 - Télécopie : (33) 05 62 25 82 80
E-Mail : scsoc@univ-tlse2.fr
<http://www.univ-tlse2.fr/scsoc/index.html>

Revue publiée avec le soutien du Laboratoire d'Économie
et de Recherches Appliquées en Sciences Sociales
Université de Toulouse III) et du Groupe de Recherches
Economie - Société - Espace - Communication
(Université de Toulouse II).

LES CYCLES DE CRÉDIBILITÉ DES BIOLOGISTES ET DES MATHÉMATICIENS Exemple de deux départements universitaires de Barcelone

Philippe LOSEGO
Miquel DOMÈNECH
Francisco JAVIER TIRADO*

Depuis l'apparition de diverses propositions théoriques, selon lesquelles la science serait, depuis les années 1970, en voie de « finalisation », ou depuis les années 1980-90 en voie de « post-normalisation », le débat sur les modes d'organisation de la science ne cesse de resurgir et a débouché notamment sur la thèse du Mode 2 comme « nouveau » mode de connaissance (Gibbons *et al.*, 1994)¹. Selon cette argumentation, la science s'écarterait aujourd'hui progressivement d'un modèle traditionnel, baptisé « Mode 1 ». Dans celui-ci, l'Université a le monopole de la production de connaissance et les savoirs sont divisés en disciplines, au sein desquelles leur valeur de vérité et de pertinence (actualité, importance, priorité) est mesurée selon des critères académiques (jurys de thèses, expertise par les revues scientifiques, recrutements, prix,

* Philippe Losego est Maître de conférences de Sociologie à l'Université Victor Segalen-Bordeaux 2 (il était Marie-Curie Fellow à l'Universitat Politècnica de Catalunya au moment de l'enquête), Miquel Domènech est Professeur titulaire à l'Universitat Autònoma de Barcelona et Francisco Javier Tirado est Professeur assistant à l'Universitat Autònoma de Barcelona.

Les données d'observation ont été collectées grâce au financement de l'Union Européenne (4ème Programme cadre, Formation et Mobilité des Chercheurs, TMR). Nos remerciements vont aux biologistes et aux mathématiciens qui ont bien voulu subir nos observations et interrogatoires.

1. Weingart (1997) rapproche la théorie de la « science post-normale » (Funtowicz, Ravetz, 1993) et celle du Mode 2.

etc.) regroupés sous le terme de *peer review*. Dans le Mode 2, des entités non académiques interviennent dans la production des savoirs dont la valeur est de plus en plus estimée d'après leur contribution à la réalisation d'objectifs (technologiques, commerciaux, politiques, éthiques, etc.) assignés par des entreprises privées ou des autorités politiques (États, organismes supranationaux, etc.).

Or l'idée d'une rupture drastique entre une période moderne, (du XVIII^e siècle au milieu du XX^e), dominée par le Mode 1 de production des connaissances, et une période contemporaine, voire post-moderne, caractérisée par le Mode 2, suscite des réserves (Pestre 1997 ; Shinn, 1999). En fait, si l'histoire des sciences ne s'intéresse qu'à la science la mieux documentée, celles des cours d'universités et des publications, il est logique qu'elle surestime le Mode 1. D'autant plus que la science elle-même a tendance à reconstruire sans cesse sa propre histoire (Latour, 1995). Pour le cas de l'Espagne, on s'aperçoit que le mode dominant de financement de la recherche entre les années 1760 et la moitié du XIX^e siècle était d'origine privée et visait directement à l'innovation technologique. L'activité scientifique y a longtemps été le fait d'une vingtaine d'associations bourgeoises locales (généralement nommées *Sociedades Económicas de Amigos del País*), qui se sont chargées de créer des revues scientifiques, d'organiser des débats, des conférences, et des prix à l'innovation technologique dans l'agriculture, l'industrie ou les grands ouvrages publics (Capel, 1998 ; Demerson *et al.*, 1974). Dans une perspective plus large, Pestre (1997) considère aussi qu'au XVIII^e et XIX^e siècles le Mode 2 était dominant dans la production de la science des pays occidentaux. Par ailleurs, plusieurs recherches historiques montrent que de grands chercheurs du passé, jusqu'alors connus pour la place qu'ils occupent dans une histoire académique des sciences, pouvaient être en même temps de grands « politiques » ou se soucier d'applications industrielles : Pasteur (Latour, 1995 ; Debré, 1994), Pearson (Desrosières, 1993), Einstein (Galison, 1997), Galilée (Biagioli, 1992), ou Boyle (Shapin, Schaffer, 1985). Certains auteurs signalent aussi qu'à l'opposé, de grandes entreprises privées s'intéressent aux sciences fondamentales (Cortezón Pinilla, 1996 ; Cassier, 1998 ; Weingart, 1997).

En définitive, le Mode 2 de production de la connaissance nous paraît partir de l'idée un peu naïve d'une science autrefois « pure », modifiée aujourd'hui sous l'effet d'une demande sociale, à la fois étrangère à elle et directe. Nous prendrons plus au sérieux la thèse dite de la « triple hélice » (Leydesdorff, 1997) qui postule, notamment à travers la planification de la science, une relative intégration entre l'industrie, le système scientifique et les financeurs publics (nationaux, régionaux ou internationaux). À leurs divers niveaux, les planifications de la science qui définissent des priorités (technologies de l'information, génétique, environnement, etc.) sont le fait, au moins pour une part, d'interactions entre chercheurs (Rip, 1996). D'un côté, les *referees* ou experts, chargés d'évaluer l'applicabilité des projets de

recherches qui leur sont soumis, c'est-à-dire de construire une représentation de la demande par l'interprétation des priorités politiques ou industrielles. De l'autre, des chercheurs « ordinaires » dont une partie au moins de la compétence professionnelle consiste à savoir mettre en avant les éventuelles « retombées » (économiques, sociales, industrielles) de leurs travaux, comme le suggère cet entretien avec un biologiste, directeur de recherches au Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, équivalent du CNRS en Espagne) : « *En ce moment, nous sommes dans une situation un peu attentiste, parce que nous avons demandé une aide, et nous espérons que le Plan national la finance. Et c'est un projet extrêmement appliqué vis-à-vis de l'industrie agroalimentaire. Et nous voulons convaincre de la... que les aspects pratiques d'une recherche fondamentale ont des retombées économiques dans l'industrie alimentaire. Mais il faut aussi que les referees pensent de la même façon, ou ceux de l'Agence nationale d'évaluation* » (Ent. 8 : 3).

Ces activités et ces compétences ne sont pas externes à la science, elles sont la science. L'activité des chercheurs qui demandent des financements ne consiste donc pas à répondre étroitement à une demande sociale, mais plus largement, à se montrer « crédibles » pour recevoir ces financements. Cependant, l'adéquation d'un projet aux planifications scientifiques, son ouverture sur l'innovation technologique, ne sont qu'un élément de crédibilité parmi d'autres. Au-delà, la crédibilité des chercheurs (et singulièrement, des responsables) se compose de la publicité de leurs résultats passés (communications, publications, brevets), de la disposition d'une main-d'œuvre qualifiée et de technologies appropriées, mais aussi de l'établissement d'alliances avec des partenaires (entreprises, chercheurs concurrents, etc.) ou de la possession de titres (statut de professeur, décoration, etc.). Très générale, la notion de « crédibilité », suppose un capital, produit homogène de l'accumulation des éléments hétérogènes du processus de production de la connaissance. Cela dit, comme tout capital, la crédibilité se recycle, c'est-à-dire se « transforme » d'une espèce à l'autre : une nouvelle machine peut se traduire en résultat scientifique et une alliance internationale judicieuse en publication dans une bonne revue ou en subvention internationale. Nous empruntons donc à Latour et Woolgar (1982, 1988) le concept de « cycle de crédibilité » qui indique que le maintien de la crédibilité des chercheurs est le prix de ces transformations. La notion de « réponse à une demande » (et ici, l'on ne peut plus préciser industrielle, sociale, ou politique) n'exprime plus que la nécessité d'investir ce capital dans des lignes de recherches « fonctionnelles » (selon le mot d'un mathématicien, *cf. infra*). Cette fonctionnalité pouvant indiquer la possibilité de déboucher sur une innovation, mais aussi, par exemple, la possibilité de publier dans une bonne revue : il s'agira là plutôt d'une demande académique.

Enfin, cette notion de cycle appelle à séparer les ressources cycliques et les ressources non-cycliques. Les ressources cycliques sont celles qui sont

complètement conditionnelles : elles peuvent disparaître en l'absence d'un ou plusieurs autres éléments du cycle de crédibilité. Les ressources non-cycliques sont celles qui, en pratique, sont peu remises en question : titres, salaires de fonctionnaires, dépenses de structures des universités et des centres de recherches, etc. Elles conditionnent le fonctionnement du cycle mais n'y entrent pas directement. En bref, les chercheurs concrets que nous décrirons ne sont pas occupés à défendre une science internaliste ni à répondre à une demande sociale, mais plutôt à maintenir leur crédibilité. Pourtant, superficiellement, les faits pourraient se présenter ainsi car notre étude fait apparaître un paradoxe : d'un côté, le Département de « mathématiques appliquées » d'une école d'ingénieurs qui produit essentiellement une mathématique très théorique et ne signe que très peu de contrats. De l'autre, l'Institut de « biologie fondamentale » d'une université généraliste qui (entre autres) travaille régulièrement avec des entreprises.

Nous chercherons à expliquer ce paradoxe grâce à la notion de crédibilité, à la distinction entre ressources cycliques et ressources non-cycliques et à la situation de l'emploi des chercheurs. Nous établirons essentiellement deux faits :

- les chercheurs que nous avons interrogés ne sont pas confrontés à une demande sociale ou industrielle, mais à une demande scientifique, c'est-à-dire une construction scientifique des priorités industrielles, sociales ou politiques ;
- ce rapport différent des chercheurs à la demande sociale est aussi une manière spécifique de maintenir leur cycle de crédibilité. Celui-ci dépend notamment d'une « économie scientifique » spécifique à chacune des deux communautés, constituée de ressources et de nécessités différentes.

Le matériau de cette recherche est le produit d'une observation de ces deux institutions scientifiques et d'une quarantaine d'entretiens. Mais auparavant il nous faut décrire comment au cours des deux dernières décennies se met en place en Espagne un système financier compétitif, qui amène à la notion de cycle de crédibilité. Ce travail préalable s'appuie sur des données générales concernant la science en Espagne.

LA RECHERCHE EN ESPAGNE : LA NOTION DE CRÉDIBILITÉ

FAIBLESSE DE LA DEMANDE INDUSTRIELLE DE SCIENCE

La situation de l'Espagne montre que la demande industrielle ne va pas de soi : elle doit être construite, notamment par les chercheurs, car les entreprises ne sont pas naturellement demandeuses d'innovation. Un des problèmes du système scientifique espagnol est la relative faiblesse des

investissements privés en science : seulement 40% du financement de la R & D y est à l'actif des entreprises, contre 50 à 60 % pour les pays européens les plus industrialisés. Ce chiffre en soi n'est qu'une dimension du problème. La structure de l'emploi en Espagne est très faiblement pourvue en professions scientifiques, ingénieurs et techniciens, si on la compare à la moyenne de l'Union européenne. La différence est surtout forte en ce qui concerne les techniciens (diplômés de premier cycle universitaire) qui n'étaient en 1991 que 3,5 % de la population active contre 10,5 en moyenne dans l'Union. Cela s'explique, notamment, par l'attitude malthusienne des écoles techniques (en 1989, on enregistrait 82% « d'échec scolaire » dans les écoles de techniciens et 73% dans celles d'ingénieurs) qui contribuent à la hausse des salaires des techniciens et des ingénieurs et dissuadent les entreprises de les recruter (Espina, 1997).

Si l'on considère avec Latour (1995) que « ceux qui font réellement de la science » ne sont pas seulement « ceux qui travaillent à la paillassse », mais aussi tous les scientifiques, ingénieurs, techniciens, « qui travaillent à l'extérieur » et qui contribuent « à la croyance et à la diffusion des faits » (scientifiques), on comprend que cette donnée est d'importance pour indiquer la faiblesse non seulement des investissements directs, mais aussi des liens avec les universités et centres de recherche. Notamment parce que, comme l'a montré Grossetti (1995) dans le cas de la France, les contrats de recherche passent presque toujours par des relations concrètes entre les chercheurs et les ingénieurs ou techniciens employés dans les entreprises. C'est d'ailleurs ce qu'explique un mathématicien de l'Université Polytechnique de Catalogne : « Je crois qu'elle a, la Polytechnique, une image assez bonne. Et peut-être qu'ils le font bien, et aussi parce qu'il y a une génération d'ex-élèves de cette maison qui se sont distribués un peu partout, hein, et qui viennent ici quand ils en ont besoin, et ça c'est fondamental. C'est la différence fondamentale qu'il y a entre l'École Industrielle et la faculté de mathématiques [créée récemment] qu'il peut y avoir ici à la Polytechnique, que même s'il y a eu quatre ou cinq promotions, et bien, cette population occupe des positions mais n'est pas encore arrivée à aucune fonction de direction d'aucune entreprise. Et il faudra comme 15 ans pour qu'ils viennent demander des relations avec les entreprises ou des choses de ce style » (Ent. 1 : 9).

Les chercheurs qui ont travaillé en entreprises (c'est le cas de certains biologistes interrogés) reconnaissent que la recherche que l'on y effectue est d'assez faible niveau. C'est aussi ce que nous dit le mathématicien déjà cité : « Parce que ce que font la plupart des gens de la Polytechnique, ce sont des conventions avec quelques entreprises, par exemple, ici, le département de mécanique, qui fait des choses en relation avec l'automobile, SEAT, ou d'autres entreprises. Ce sont des conventions parfois un peu étranges, parce que parfois ce sont plutôt des services que de la recherche, parfois, c'est pas très clair, parfois c'est même de la concurrence déloyale vis-à-vis des

entreprises de services. Et il y a beaucoup d'argent, attention, hein » (Ent. 1 : 9).

Cette relative faiblesse de l'investissement privé est due, pour une part, à la nature des industries concernées en Espagne. Souvent multinationales, elles financent plutôt des laboratoires (privés ou intégrés) dans les pays « centraux » du point de vue scientifique : États-Unis, Allemagne, Suisse, France, Japon, etc.

Une donnée supplémentaire permet de relativiser encore l'importance des liens entre la recherche et l'industrie en Espagne : une enquête menée auprès du CSIC en 1989 indique que seulement 8% des patentes déposées par cet organisme public étaient suivies de licences d'exploitation. Le lien entre la recherche à patente et les développements technologiques n'est donc pas vraiment établi (Salvador, 1990). En fait, l'État espagnol cherche probablement à orienter l'industrie (développer l'innovation) par la recherche. Ainsi, les entreprises peuvent capter des financements publics pour faire de la recherche (sous forme, notamment, de bourses de post-doctorat). Par ailleurs, en biologie moléculaire, de plus en plus de contrats de financement public stipulent que les projets doivent être financés partiellement par des conventions avec les entreprises. Le laboratoire que nous avons observé est parfois amené à la démarche suivante : avec la part publique du financement, il effectue la recherche et se charge du brevet national. Une fois ce brevet déposé, l'entreprise paye le brevet international (le plus onéreux). Dans ce cas de figure, l'entreprise ne finance pas vraiment la recherche mais ses aspects juridiques.¹

Ces deux derniers procédés (doctorat ou convention avec une entreprise) mettent les chercheurs en position de demandeurs vis-à-vis des entreprises. Les chercheurs, encore une fois, ne répondent pas à une demande sociale : ils recherchent les conventions avec les entreprises pour acquérir ou maintenir leur crédibilité.

AUGMENTATION DE LA COMPÉTITIVITÉ ET MISE EN SITUATION DE GESTION

Au cours des années 1980-1990, l'Espagne a enregistré la plus forte hausse de la demande d'enseignement supérieur des pays de l'OCDE et se situe désormais parmi les pays du monde ayant les plus forts taux d'inscription dans l'enseignement supérieur (Espina, 1997). Dans le même

1. La rédaction de brevet est un travail juridico-scientifique qui suppose des compétences spécialisées de très haut niveau. Or peut-être les entreprises sont-elles mieux armées pour cela. Lors d'une conversation informelle, un ingénieur allemand a attiré notre attention sur le fait que le CSIC serait assez peu organisé pour ce travail car les responsables de la publication des brevets y seraient trop polyvalents pour connaître la finesse des différentes technologies. Ceci pourrait expliquer la faible exploitation des brevets du CSIC.

temps, le nombre d'enseignants du supérieur a doublé, même si les universités espagnoles restent parmi les plus faiblement encadrées des pays Européens. Par ailleurs, à partir de 1986, à l'occasion de son entrée dans la Communauté européenne, la mise en œuvre d'une nouvelle loi de planification de la science a permis à l'Espagne d'initier une très forte augmentation de sa dépense publique en R & D, qui quadruple entre 1986 et 1997 (UNESCO, 1997), et de capter de plus en plus de budgets étrangers (entre autres européens), ce qui, comme on le sait, se doit à des mécanismes de compensations, mais aussi à une hausse de la compétitivité de la recherche, nécessaire pour participer à des projets scientifiques internationaux. De fait, au cours des 15 dernières années, cela s'est traduit globalement par une forte hausse de la productivité et de la compétitivité de la recherche. Ainsi, la science espagnole a multiplié par 3,2 le nombre de ses publications entre la période 1981-85 et la période 1992-96, passant de 0,95% de la publication scientifique mondiale à 2,3 % entre 1981 et 1996. Son *impact factor* relatif à celui de la production mondiale est passé de 0,5 à 0,8.¹ D'autre part, se mettent peu à peu en place, au niveau de l'État, des gouvernements régionaux, mais aussi dans les universités et les organismes publics, des outils d'évaluation de la recherche (Escribano, Viladiu, 1996) qui sont le corollaire de cette augmentation du financement public. Tout d'abord, l'État met en place, par la loi de 1986 de planification de la science, un système de *peer review* plus rigoureux pour mieux légitimer l'attribution des financements, au vu des mécontentements suscités par les critères antérieurs (Sanz-Menendez, 1995). Ensuite, dans les années 1990, apparaissent des publications qui recommandent des méthodes pour ces évaluations.² Enfin, il reste à signaler que si l'augmentation de la part de PIB consacrée à la recherche a augmenté, elle reste tout de même faible par rapport à la moyenne de l'Union européenne (0,9 % en 1994 contre 1,8).

L'augmentation du nombre de chercheurs, la hausse générale de la productivité scientifique, mais aussi les financements toujours insuffisants pour amener l'Espagne au même rang pour sa recherche que pour son enseignement supérieur très développé, enfin, « la mise en situation de gestion »³ d'un système d'évaluation de la science, tout cela place très clairement les chercheurs espagnols en situation de compétition. Mais il faut évidemment intégrer la notion de « *ressource cyclique* » pour imaginer cela. C'est surtout la conditionnalité des attributions de ressources qui implique cette compétition : nous n'avons pas les données pour les universités mais on sait que la part d'autofinancement du CSIC (qui emploie 60 % du personnel des organismes publics de recherche) est de 38%. Or, cet autofinancement est constitué pour les trois-quarts de financements publics

1. Données de l'Institute for Science Information, Philadelphie, pour le quotidien *El País*, mercredi 8 octobre 1997, p. 26.

2. La revue *Política Científica*, publie régulièrement des recommandations sur l'usage pratique de la scientométrie, voir aussi les travaux de Bellavista (1993).

3. Pour la notion de « mise en situation de gestion » des systèmes d'enseignement, cf. Losego (1999).

(Ministère, Union européenne, OTAN, Gouvernements autonomes, etc.) attribués en fonction de programmes. La notion « d'autofinancement » correspond donc à une ressource cyclique, dépendant de la crédibilité des projets et des chercheurs qui les présentent.

DEUX ÉCONOMIES DIFFÉRENTES : MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET BIOLOGIE FONDAMENTALE

Du point de vue institutionnel, les deux collectivités de chercheurs que nous avons observées sont le produit de deux « paris sur la science » différents. En 1970, le gouvernement fait un premier effort important en faveur de l'éducation en général (*Ley General de Educación*) et de la recherche. Cette année-là, se crée à l'Universitat Autònoma de Barcelona un Institut de Biología Fonamental (IBF), à l'écart des facultés de sciences et de médecine. La même année, l'école d'ingénieurs industriels attribue l'une des deux chaires de mathématiques à un ingénieur mathématicien qui associe d'autres ingénieurs passionnés par les mathématiques (et surtout rebutés par le travail en entreprise) à un gros travail de théorisation, surtout destiné à l'enseignement aux ingénieurs, mais permettant de faire entrer dans les habitudes des nouveaux professeurs les formes contemporaines de l'activité mathématique : organisation de séminaires, thèses basée sur de véritables recherches, publications, etc. C'est la rupture avec l'enseignement routinier de la période précédente. Ainsi, on le voit, dans leurs choix initiaux, les mathématiciens s'appuient sur l'enseignement, alors que les biologistes visent à s'éloigner de l'enseignement.¹ Pour ceux-ci, l'enseignement est plutôt un obstacle à l'activité de recherche, comme le montre cet extrait d'entretien : « *R. S. est professeur titulaire, ce qui n'est pas l'idéal, parce que comme il a beaucoup d'heures d'enseignement, il ne peut travailler comme il le voudrait...* » (Ent. F : 11).

Ces deux unités scientifiques sont dépourvues d'unité épistémologique. Il s'agit de regrouper des ressources dans le cadre de deux économies spécifiques. Économie de l'enseignement pour les mathématiciens, où la ressource principale est constituée par les emplois d'enseignants, titulaires ou assistants, et les dépenses de structures de l'Université Polytechnique. Le laboratoire de biologie est, quant à lui, un moyen de regrouper non seulement la technologie et le personnel technique nécessaire à une biologie expérimentale plus sophistiquée que dans le cadre de la plupart des facultés, mais aussi de pratiquer une politique de personnel et de financement plus souple.

Avec les années 1980, se met en place très progressivement une « science normale ». Cela se traduit en mathématiques par le recrutement de

1. Bien sûr, il existe des biologistes qui travaillent exclusivement dans la faculté de l'université Autonome et il existe aussi un centre de calcul numérique à l'Université Polytechnique.

mathématiciens, en lieu et place des ingénieurs des années 1970 (grâce à la loi de réforme universitaire qui fait des départements scientifiques les acteurs du recrutement au détriment des facultés et des écoles, mais aussi à cause de la hausse des revenus des ingénieurs dans le secteur privé). En biologie, c'est surtout l'augmentation des financements qui permet au laboratoire de biologie de s'approcher du modèle de la *big science* : plus de chercheurs, plus de technologie. D'autant plus que la mise en adéquation de la politique scientifique espagnole avec la politique scientifique européenne ou les recommandations de l'OCDE (Elzinga, Jamison, 1996) confrontent les chercheurs espagnols avec une « science mondiale ». Cela se traduit concrètement par la publication dans des revues de renom international, la collaboration avec des équipes étrangères, la demande de financements internationaux, ou le dépôt de brevets internationaux. Désormais, pour être compétitif au niveau national, il faut être compétitif au niveau international. De fait, les mathématiques et la biologie sont parmi les disciplines espagnoles qui ont le plus haut rapport publications internationales/publications nationales (Salvador, 1990).

LES VICISSITUDES DU MARCHÉ DE L'EMPLOI SCIENTIFIQUE

Une des ressources essentielles de la crédibilité d'un projet scientifique est la quantité et la qualité de la main-d'œuvre scientifique dont peut disposer un responsable. Or pour des raisons de sélectivité des filières d'études et de marché de l'emploi au niveau de la *licenciatura* (Bac + 4 ou Bac + 5), les biologistes inscrits en troisième cycle sont près de 8 fois plus nombreux que les mathématiciens.¹ D'autre part, la R&D en biologie emploie d'autres professions (chimistes, médecins, physiciens, etc.), ce qui comprime d'autant plus ce marché de l'emploi. Cette différence, ainsi que les choix institutionnels faits par nos deux institutions (pari sur l'enseignement contre séparation d'avec l'enseignement) fait que les parcours qui conduisent à la profession de chercheur en mathématiques sont très rectilignes, alors que les biographies professionnelles des biologistes sont pour le moins heurtées, voire erratiques.

Ainsi, les licenciés en mathématiques n'entament pas leur thèse sans avoir obtenu de ressources (emploi d'assistant dans le département, bourse), ce qui n'est pas un cas exceptionnel parmi les biologistes. À la suite de leur thèse, ils obtiennent une place de titulaire dans le même département car le recrutement est presque parfaitement endogame. La main d'œuvre dont s'entourent les responsables en mathématiques n'est donc pas cyclique, elle est même très stable, et cela réduit presque à néant le coût de réorganisation des équipes. En fait, elle se joue sur une autre espèce de « crédibilité » puisqu'elle dépend surtout de la capacité du département à se mobiliser pour

1 Ces données de l'UNESCO sont toutefois assez peu précises : les mathématiciens sont regroupés avec les informaticiens et toutes les sciences « *health-related* » sont aussi agrégées.

susciter la création d'emplois d'enseignants, notamment lors des réformes de plans d'études ou pour créer de nouvelles filières nécessitant des cours de mathématiques. À l'entrée dans le département d'enseignement, ni la quasi-certitude d'être titulaire, ni l'environnement humain stable et composé de semblables (mêmes formation, parcours), n'amènent les jeunes chercheurs à modifier leur culture professionnelle. Or la plupart d'entre eux sont issus des deux universités généralistes de Barcelone, où ils ont reçu une formation très théorique, comme le signale ce jeune professeur titulaire : « (...) et d'un autre côté, c'est une question de formation, évidemment. Les études de mathématiques, je ne sais pas si maintenant ils essayent de faire en sorte que cela ne soit pas autant... mais moi les études que j'ai faites, elles étaient très académiques... c'est-à-dire beaucoup de mathématiques fondamentales et très peu, pour ne pas aucune mathématique orientée vers, disons, des problèmes réels. Alors, à certains ça leur plaît, à moi non, mais quand tu continues, quand tu commences tu te trouves avec ce que tu as fait, ce que tu connais c'est ça, et tu suis la même ligne (...) Et tu ne cherches plus à changer parce que ça te semble tellement compliqué (...) et puis ça ne te motive plus autant, ne serait-ce que pour une question de formation (...) » (Ent. 4 : 7). Ceci est la condition première pour expliquer le maintien d'une recherche fondamentale, mais nous verrons plus loin que c'est le fonctionnement du cycle de crédibilité lui-même qui tend à empêcher une orientation vers des recherches plus appliquées.

Du côté du laboratoire de biologie, la souplesse des modes de recrutement qui y a cours est un atout, mais elle peut se retourner contre certaines équipes. Les différents groupes de recherche sont composés en grande majorité de chercheurs à statuts précaires. Il reste donc aux responsables de notre laboratoire de biologie à rémunérer une bonne part de leurs collaborateurs (doctorants et techniciens) sur leurs projets de recherche. Le poste des emplois s'est consolidé comme un incontournable frais fixe de toutes les demandes de subventions, comme le signale ce chef de ligne de l'Institut de Biología Fonamental : « Moi, maintenant, tous les projets dans lesquels je suis, je demande de l'argent pour du personnel, ce qui jusqu'ici n'était pas une chose très... [courante]. Bien sûr, le problème, c'est qu'il n'y a pas de fonds, il n'y a pas moyen de payer les gens... (...) Alors dans tous les projets que nous avons demandés, on a inclus des contrats pour demander des gens. Mais indépendamment de cela, les contrats durent un temps... » (Ent. L.S. : 11).

Le fait que ces ressources soient toujours provisoires, pose aux biologistes responsables le problème du gonflement et du dégonflement de leur personnel, comme l'indique cette chercheuse, à la tête d'une équipe en restructuration au moment de l'entretien : « - Et alors, tu montes une équipe, disons, et cette équipe quels sont ses objectifs ? Ce qui semble vu d'ici, c'est que ça va, ça vient...

- Des hauts et des bas...

- Des hauts et des bas constamment... Comment tu décrirais ça toi... ? C'est-à-dire comment tu l'expliques, comment ça s'inscrit... ?

- Pour une raison fondamentale, c'est l'impossibilité de consolider les postes des gens. Tu peux avoir une personne très bonne, et qui est intéressée à continuer à travailler avec toi, mais tu ne peux rien lui offrir. Et au bout d'un certain temps, la situation est intenable. Alors, des huit thèses que j'ai dirigées, et bien maintenant il n'y en a qu'une avec moi et encore, par miracle : M. Et, par miracle, parce qu'on vient de se payer un marathon... j'ai demandé une bourse post-doctorale pour elle, sinon, la pauvre elle devrait s'en aller » (Ent. C : 3).

L'existence même des équipes est cyclique. Les emplois, pour autant, dépendent directement des responsables. Ceux-ci sont des « patrons » qui salarient leurs collaborateurs sur la base de leur propre crédit scientifique. Une équipe de petite taille, comme celle décrite ci-dessus, est comme un petit investisseur qui dispose de très peu de ressources et mobilise une petite quantité de personnel. C'est à la fois une cause et une conséquence du fait d'avoir peu de personnel. Le caractère cyclique de ces ressources apparaît ici de manière évidente : « Alors, bien sûr, les hauts et les bas arrivent parce que toi tu peux prévoir et dire cette personne va s'en aller, alors je prends des doctorants, mais... mais, cela dépend de la situation dans laquelle tu es. Parfois, cela ne dépend pas de toi, de prendre des doctorants. Parce que si tu arrives à la fin des subventions, ils ne donneront pas priorité à ta demande... Il y a beaucoup de facteurs que nous ne contrôlons pas nous-mêmes et cela provoque des hauts et des bas dans tous les groupes, dans tous, sauf dans les plus établis, les plus grands, comme celui de A. et de Q, ils ont aussi leurs hauts et bas mais ça se remarque moins parce qu'ils sont plus nombreux... » (Ent. C. 4).

Les variations des équipes en fonction des projets de recherche font que les itinéraires professionnels des biologistes comprennent des périodes de chômage, des recherches effectuées sans ressources, des emplois dans l'industrie, ou des séjours à l'étranger pour profiter de diverses bourses (espagnoles ou étrangères). Une statistique nationale montre que les biologistes sont les plus nombreux à suivre des études post-doctorales à l'étranger, et parmi eux les biologistes moléculaires (Martin-Sempere *et al.*, 1997). Cela prédispose aussi les chercheurs à réaliser des recherches en fonction des opportunités plutôt que de leur formation, selon un principe que Shinn (1999) nomme « *nichage opportuniste* » et désigne comme facteur de modification de la science. Il faut enfin rappeler que du côté de la production des faits scientifiques, alors que les articles de mathématiques dépassent rarement 3 signataires (la mono-signature étant par ailleurs assez courante), les articles de biologie sont généralement signés par 7 ou 8 auteurs. Cela rend cette production d'autant plus sensible à l'instabilité des équipes de recherche.

MATHÉMATIQUE APPLIQUÉE, MATHÉMATIQUE THÉORIQUE

L'expression « cycle de crédibilité » est certes une métaphore, mais elle correspond à une réalité formulée par les chercheurs comme ce responsable en mathématique : « *Et comment ça a évolué, les aides (les subventions), c'est plus difficile ? C'est que... C'est compliqué, voyons voir... Une fois que tu es entré dans le cercle, ou appelle-le comme tu veux, je crois que c'est facile de se maintenir... bon c'est facile... disons que cela requiert que tu continues à publier plus ou moins, que tu aies des résultats... Et si ta ligne est plus ou moins fonctionnelle, bon, entre les uns et les autres, tu as de bons résultats, tu vas à l'étranger, les gens te connaissent, c'est une roue, c'est comme continuer un peu... sans incertitudes... C'est-à-dire que quand on demande une aide, le seul problème c'est combien ils vont t'enlever, non ? C'est-à-dire que normalement ils nous les donnent, on n'a pas de mauvaise surprise.* » (Ent. 1 : 13).

Ce que l'on voit dans cet entretien, c'est une séquence de quatre ressources cycliques : résultats-publications-invitations à l'étranger-subvention (sachant, par exemple, que ce responsable reçoit entre autres des aides pour collaborer avec des mathématiciens ukrainiens et russes). Ce qui signifie que si l'une de ces ressources vient à manquer, le cycle pourrait s'arrêter. Le groupe concerné (ici il s'agit de « systèmes dynamiques ») ayant la maîtrise d'une « ligne fonctionnelle », c'est-à-dire d'un thème qui génère des problèmes et des solutions publiables, n'a aucun intérêt à remettre en question cette chaîne. Il faudrait alors prendre le risque de ne pas obtenir de résultats et de perdre du même coup la possibilité de publier, les relations internationales acquises, et les financements.

C'est d'ailleurs ce qu'explique *a contrario* un mathématicien lassé de la mécanique céleste, sa spécialité de formation, et désireux de se consacrer à la simulation dynamique (une spécialité informatique nécessitant des compétences en équations différentielles ordinaires). Sous la pression de son département, il continue pourtant de publier dans son ancienne spécialité : « *bien sûr, le problème d'investir du temps dans une chose neuve, c'est que ce temps n'a pas de reflet en termes de publications, en... C'est-à-dire, n'a pas les fameux points « PAR » que tout le monde compte ici, non ? Ce qui fait que tu dois assumer que tu vas te « discréditer » entre guillemets, au niveau scientifique, du fait de ne pas publier (rire). Mais bon, je crois que si tu ne l'assumes pas, tu ne changeras jamais. C'est une espèce de spirale, parce que tu ne peux publier que sur ce que tu as fait le plus. (...) tu ne peux pas non plus rompre complètement avec le passé. Actuellement, je continue à faire des choses avec C. S. (i.e. des calculs avec son ancien directeur de thèse)* » (Ent. 3 : 8).

D'autre part, étant donnée la position relativement modeste de notre équipe de mathématiciens dans la compétition internationale, la prudence commande aussi de continuer à traiter les problèmes théoriques complexes

pour lesquels il fait preuve d'une relative maîtrise plutôt que de s'aventurer dans des recherches plus simples où il pourrait se trouver sous la concurrence de groupes plus rapides (i. e. plus nombreux et technologiquement mieux équipés). C'est ce qu'explique le chef de ligne évoqué plus haut : « *... il y a des problèmes anciens mais si tu as l'idée d'un outil nouveau... et tu sais qu'il n'y a personne de très puissant qui le travaille, parce que sinon, c'est horrible... Le problème de la thèse, c'est que tu dois proposer une chose qui ne soit pas trop facile parce que si c'est facile, c'est une trivialité... tu sais, une chose qui soit très dure parce que tu sais qu'il y aura du monde dessus... Nous, ce qu'on fait, ce sont des simulations, ou des calculs, pas seulement des orbites de satellites mais ce qui s'appelle une approximation, des manipulations algébriques de modèles, comment développer des séries de puissances, ou des séries de Fourier (...). Et ces choses, par chance, il n'y a pas grand monde à l'étranger qui les fasse...* » (Ent. 1 : 2).

De fait, le projet actuel de ce groupe est de travailler sur un grand problème théorique ancien et non résolu (le 16^e problème de Hilbert). La difficulté technique de ce problème est la conservation, lors des calculs intermédiaires, d'un grand nombre de constantes qui satureraient les mémoires y compris des plus gros calculateurs existants. Cela oblige à une réflexion sur les possibilités algébriques de supprimer ces constantes. On voit ainsi que le choix de rester sur une ligne de recherche très fondamentale est une stratégie de protection contre la concurrence.

Pourtant, si l'on consulte les divers programmes scientifiques nationaux ou européens (pour l'Espagne, dans la publication *Política Científica*), on peut constater qu'aujourd'hui les thèmes de recherche financés par le biais des programmes spécifiques sont des thèmes très fortement ciblés en fonction de priorités industrielles ou politiques : agroalimentaire, technologies de l'information, santé, environnement, etc. Alors, si les programmes scientifiques sont de plus en plus appliqués, comment font les mathématiciens pour recevoir des financements pour des recherches fondamentales ? Il y a deux éléments de réponse :

- le fait que la main d'œuvre n'entre pas dans les ressources cycliques (elle est assurée grâce à l'enseignement) réduit les besoins des mathématiciens observés à environ 12 000 F. par an et par chercheur. Ces besoins se limitent à trois postes : le renouvellement du parc informatique (les mathématiciens du département concerné ont fait le choix d'abandonner les *work stations* coûteuses et rapidement obsolètes pour le choix plus modeste de faire travailler en réseau de simples ordinateurs personnels), les invitations de collaborateurs étrangers et les voyages. Il se trouve toujours des interstices budgétaires pour financer cette recherche peu onéreuse, à condition de disposer des autres éléments cycliques de crédibilité : résultats, publications, réseaux...;

- le fait que les intitulés des programmes scientifiques sont « appliqués » ne signifie pas que les recherches financées le soient forcément, surtout en mathématiques. Des spécialités telles que les équations aux dérivées partielles bénéficient d'un effet d'étiquetage « mathématiques appliquées », car elles s'appliquent à d'autres disciplines (physique, économie, chimie, démographie, biologie, etc.). Il s'agit du traitement analytique de modèles proposés par des chercheurs de ces disciplines ou en contact avec elles. Ce qui est au principe de cette possibilité, c'est le fait que, ainsi que l'indique un chercheur, « *les referees savent que les mathématiques, c'est tout un spectre, du plus théorique au plus appliqué* » (Ent. 7 : 9). Il y a donc un accord entre chercheurs aux différents niveaux pour admettre l'intérêt de recherches purement théoriques. En fait, l'orientation des programmes de recherche a un effet sur les mathématiques mais ne conduit pas nécessairement à l'applicationnisme. Actuellement, on constate un net ralentissement du financement de la recherche spatiale, ce qui pénalise les spécialistes des systèmes dynamiques qui pouvaient prétendre apporter des solutions aux calculs de trajectoires des lanceurs ou des satellites (même en faisant des recherches théoriques très éloignées des objets en question). La priorité donnée aux technologies de l'information et du *software* en général favorise désormais les spécialistes des mathématiques discrètes ou de l'algèbre abstraite. Mais ces spécialités ne sont forcément plus appliquées...

Le fait que les mathématiciens puissent s'appuyer sur l'économie de l'enseignement c'est-à-dire bénéficier des emplois d'enseignants assistants ou titulaires suffit-il à expliquer leur propension à mener des recherches théoriques ? Il est certain qu'il y a aussi des effets d'*ethos* : La plupart des mathématiciens recrutés dans le département ont justement choisi cette profession pour échapper à la vie d'entreprise, à ses « problèmes réels », à ses pressions et ses urgences. Il émane de certains des entretiens une atmosphère un peu libertaire, une indifférence revendiquée vis-à-vis de la demande industrielle, voire de la « vie réelle » et une certaine fierté du travail « gratuit ». De nombreux mathématiciens semblent avoir prononcé une sorte de « vœu de pauvreté ». Cela n'est pas le fait de tous, bien sûr. Il s'avère même que ce sont ceux qui se déclarent les plus conscients que la source d'emplois générée par l'enseignement se tarira un jour (l'Université a commencé à remplacer les postes d'assistants par des bourses attribuées en fonction de la crédibilité du projet et du directeur de thèse) qui commencent à se préoccuper de « chercher des problèmes » auprès des entreprises pour y salarier de futurs jeunes chercheurs. Mais alors, ils se trouvent confrontés au fait que la demande industrielle de mathématiques n'existe pas car les chercheurs ne l'ont pas construite. Actuellement, les entrepreneurs sont convaincus de l'utilité de recruter des licenciés en mathématiques parce qu'ils sont « passés par un filtre », mais incrédules sur la valeur de cette discipline pour résoudre ce qu'ils pensent être des problèmes d'ingénierie. Les mathématiques sont ici victimes de leur relations ambiguës avec l'ingénierie : vivant de l'enseignement aux ingénieurs, autorisés à produire des connaissances très abstraites en déléguant aux ingénieurs la gestion de la

demande sociale de mathématiques, les mathématiciens devraient désormais retraduire les problèmes d'ingénierie en problèmes de mathématiques.

LES BIOLOGISTES : COMMENT RÉSISTER AUX CYCLES ?

Se demander si le laboratoire de biologie est ou n'est pas piloté par des intérêts industriels ou politiques présente, en définitive, peu d'intérêt en regard d'un fait déjà pointé par Law (1989) et qui tranche nettement avec la communauté des mathématiciens : le laboratoire de biologie *est* une entreprise. Les responsables se consacrent essentiellement à l'activité stratégique : rédiger des projets, mais aussi créer des alliances avec des concurrents, réfléchir à l'ouverture d'une nouvelle ligne de recherche en fonction du marché scientifique, etc. Le fait que la main-d'œuvre scientifique relève directement de l'activité stratégique (projets, bourses, etc.) oblige les responsables en biologie à se multiplier pour obtenir la masse critique parmi leurs collaborateurs. Or la biologie est une science dans laquelle l'introduction déjà ancienne de nombreuses technologies alimente sans cesse la compétition entre des laboratoires différemment pourvus. En ce sens, la situation des laboratoires espagnols n'est pas très favorable, comme l'indique ce responsable du laboratoire de biologie : « *Nous sommes, nous voulons être et nous sommes, au niveau européen, avec une affectation de ressources très inférieure, à celles d'autres pays* » (Ent. F : 4).

Cette différence de ressources se traduit directement comme différence de vitesse de production de données vis-à-vis des laboratoires étrangers (États-Unis, Allemagne, France, Suisse, Japon, Angleterre). L'argent, c'est du temps, comme permet de le comprendre cette remarque d'un jeune chercheur ayant effectué un séjour en Allemagne : « *... C'est une entreprise qui se charge de produire des kits. Et toi, tu les achètes... Normalement, ce sont des procédés qui... à partir desquels, tu gagnes seulement du temps, qui ne sont pas, disons, de l'invention...* » (Ent. 7 : 8).

Au sein de l'IBF, nous avons centré notre attention sur les groupes les moins sensibles aux gonflements et dégonflements de personnel, c'est-à-dire ceux qui ont atteint la masse critique probablement nécessaire au bon fonctionnement d'une ligne de recherche. Nous avons repéré cinq stratégies utilisées pour obtenir cette masse critique. Cela n'est probablement pas une liste exhaustive, mais ce que nous avons observé ou appris de nos entretiens avec les biologistes. L'une d'entre elles n'a toutefois pas réussi.

La première stratégie, la plus ordinaire, est le scellement d'alliances avec d'autres lignes de recherches au sein même de l'IBF. Elle permet non seulement de demander des financements (matériels, bourses), mais aussi de créer une nouvelle ligne de recherche, comme l'ont fait deux fortes lignes du laboratoire en se lançant dans la bio-informatique.

Une seconde stratégie consiste à offrir des services aux groupes de recherche (internes ou externes à l'IBF) ne disposant pas des ressources matérielles et techniques nécessaires. Par exemple, les services de séquenciation de protéines ou de bio-informatique. Il est ainsi plus facile de justifier le financement régulier d'un personnel technique spécialisé (ou en fait, parfois de salarier un docteur sans emploi), mais aussi de créer de nouvelles alliances en utilisant la prestation de service comme monnaie d'échange.

Une troisième stratégie consiste à se mettre en réseau avec des groupes étrangers pour prétendre à plusieurs avantages : obtenir des financements internationaux, faciliter la publication, connaître les techniques et méthodes des laboratoires de pointe ou offrir aux boursiers des séjours à l'étranger. Évidemment, cette possibilité est très cyclique c'est-à-dire directement dépendante de la crédibilité du groupe comme l'indique le chef d'une des deux lignes les plus vigoureuses : « *Pour écrire aux gens et dire que tu veux établir une relation avec eux, tu dois avoir un certain background, tu dois avoir une certaine base, sinon, tu n'as pas de crédibilité pour que des gens qui probablement sont très occupés te consacrent du temps... Alors, c'est un cercle vicieux, dans ce cas. Tu publies, et tu es de plus en plus connu. Et alors c'est plus facile de connaître des gens d'un certain niveau qui soient disposés à perdre du temps avec toi...* » (Ent. A : 5,6).

Cette conditionnalité est aussi présente dans la quatrième stratégie, celle qui consiste à ouvrir de nombreuses lignes de recherche à court, moyen et long termes et à divers niveaux de risques scientifiques (probabilité d'obtenir rapidement des résultats publiables) pour spéculer sur le temps et opérer des recouvrements entre les différents financements (faire en sorte qu'il y ait toujours des recherches en cours). Pour filer une métaphore utilisée précédemment, le responsable agit comme un investisseur qui, pour éviter une crise, doit diversifier ses investissements et jouer sur leurs termes de rentabilité. Mais cette stratégie qui permet de maintenir un personnel nombreux s'appuie sur une masse critique préalable... Parmi ces différentes lignes de recherche, la possibilité de travailler sur des applications pour l'industrie présente l'avantage de fournir des financements à court terme (qui, s'ils sont enchaînés, permettent de stabiliser des docteurs), ce qui a l'inconvénient d'obliger à des publications retardées (à cause du secret industriel).

Finalement, la cinquième stratégie, utilisée sans succès, consistait à rechercher l'agrément du CSIC pour le laboratoire IBF. L'alliance avec l'organisme scientifique le plus important en Espagne aurait permis l'arrivée de personnel technicien et chercheur, de matériel, mais aussi aurait été une source de crédibilité en soi.

Quel est le rôle de la demande sociale dans le cycle de crédibilité des biologistes ? Il découle directement des volumes de financement cycliques

(ne dépendant pas de l'enseignement, par exemple) demandés par eux. Nous venons de voir que les groupes qui « s'en sortent » sont ceux qui manipulent de grandes quantités d'argent, notamment du fait de la gestion d'un personnel nombreux et d'un matériel spécifique. Demandeurs de grandes quantités de financements publics attribués de plus en plus en fonction de critères d'applicabilité, les biologistes doivent professionnellement se déclarer compétents pour connaître les « besoins de la société » et les moyens de les satisfaire. Cela n'est pas sans influencer le contenu de leurs recherches, ainsi que le suggère ce chef de ligne du Centro Nacional de Biotecnología : « *En appliquant nos choses à des systèmes viraux... C'est pour ça, c'est-à-dire, on pourrait les appliquer à n'importe quelle autre chose, mais on le fait sur des virus, parce qu'on est conscient de l'importance sociale et économique qu'a ce type de choses...* » (Ent. B. : 8).

Nous avons voulu décrire le système d'action dans lequel se situent les chercheurs espagnols au terme d'un processus de mise en situation de compétition qui a eu lieu au cours des 20 dernières années dans ce pays. Nous avons voulu montrer que l'image de chercheurs soumis à une demande industrielle n'était pas pertinente du fait des faibles rapports concrets entre science et industrie. On peut dire plutôt que la politique scientifique dont ils sont partie prenante est en même temps une politique industrielle. Les deux groupes de chercheurs étudiés sont dans une situation de compétition extrêmement différente, du fait de leur appartenance à des institutions différentes, de leurs marchés de l'emploi respectifs et du prix des faits qu'ils produisent. Ils n'entrent pas de la même manière dans cette politique industrielle. Pour le moment encore, les mathématiciens restent à la marge, « à l'abri derrière les ingénieurs » qui justifient leur rôle d'enseignants et appliquent leur discipline à des problèmes industriels.

La biologie nous promet beaucoup, pour des aspects que nous jugeons essentiels : notre santé, notre alimentation, notre environnement, etc. Les mathématiciens ne promettent rien. Ils aiment à se représenter, du moins jusqu'ici, comme isolés d'un monde social, alors que les compétences professionnelles d'un biologiste incluent la capacité à répondre à une demande sociale. Cela se traduit directement du point de vue de la production des faits scientifiques : ce qui frappe lorsqu'on écoute les biologistes et les mathématiciens parler de leur métier, c'est qu'il est fait beaucoup moins référence au clivage science fondamentale/science appliquée parmi les biologistes ; alors que les mathématiciens tendent à considérer qu'un travail mené à bien avec une entreprise peut difficilement donner lieu à des résultats publiables, pour les biologistes, toute recherche, même industrielle, peut être publiée.

Finalement, nous avons montré que le rapport des deux communautés à leur cycle de crédibilité est très différent. La non conditionnalité d'une

grande part des ressources des mathématiciens leur permet de diminuer la vitesse de leur cycle de crédibilité. Ils peuvent faire des demandes à long terme, y compris en y perdant de l'argent, pour se libérer des tâches stratégiques, pour éviter les éventuels changements politiques et pour éviter d'avoir à publier trop souvent. Les mathématiciens ont un cycle simple et ne paraissent pas chercher à le complexifier. Les biologistes, ont un cycle complexe car ils sont amenés à diversifier leurs activités pour maintenir un personnel précaire en pratiquant le recouvrement entre les divers financements.

Ces deux disciplines, envisagées comme « politiques industrielles » pourraient probablement être construites autrement. On peut envisager des mathématiques chères (travaillant avec des données onéreuses, par exemple), mais ce sont souvent des ingénieurs qui pratiquent cette version des mathématiques. On peut envisager une biologie « bon marché » qui d'ailleurs existe dans certaines facultés, mais qui, dans la compétition internationale de la biologie telle qu'elle est construite, a peu de chances de survivre.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARNES (B.), 1985, *About science*, Oxford, Basil Blackwell.

BELLAVISTA (J.), 1993, *Política científica y tecnológica. Evaluación del I+D en la Universitat de Barcelona*, thèse de sociologie, Universitat de Barcelona.

BIAGIOLI (M.), 1992, « Galilée bricoleur », *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, n° 94, 85-105.

CAPEL (H.), 1998, « Ciencia, innovación, tecnología y desarrollo económico en la ciudad », *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, n° 23, [http : // www.vb.es/geocrit/sn-23](http://www.vb.es/geocrit/sn-23).

CASSIER (M.), 1998, « Le partage des connaissances dans les réseaux scientifiques : l'invention de règles de bonne conduite par les chercheurs », *Revue Française de Sociologie*, n° XXXIX-4, 701-720.

CORTEZÓN PINILLA (M.), 1996, « La institucionalización de la relación ciencia-técnica », *Arbor*, n° CLV- 611, 87-116.

DEBRÉ (P.), 1994, *Louis Pasteur*, Paris, Flammarion.

DEMERSON (J.), DEMERSON (P.), AGUILAR PIÑAL (P.), 1974, *Las sociedades económicas de amigos del país. Guía del investigador*, San Sebastián, CSIS.

DESROSIÈRES (A.), 1993, *La politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, Paris, La Découverte.

ELZINGA (A.), 1995, « Shaping worldwide consensus : the orchestration of global climate change research », in Elzinga (A.) et Landström (C.), (eds.), *Internationalism and Science*, Londres, Taylor Graham, 223-255.

ELZINGA (A.), JAMISON (A.), 1996, « El cambio de las agendas políticas en ciencia y tecnología », *Zona Abierta*, n° 75/76, 91-131.

ESCRIBANO (L.), VILADIU (C.), 1996, « Autoevaluación de las instituciones investigadoras : una perspectiva metodológica en la Universitat de Barcelona », *Política Científica*, n° 46, 27-40.

ESPINA (A.), 1997, « La formación técnica postsecundaria y la competitividad de la economía española », *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, n° 77-78, 69-115.

FUNTOWICZ (S. O.), RAVETZ (J. R.), 1993, « The emergence of post-normal science » in Von Schomberg (R.), (ed.), *Science, politics and morality. Scientific uncertainty and decision making*, Dordrecht, Kluwer, 198-235.

GALISON (P.), 1997, « Three laboratories », *Social Research*, n° 64-3, 1127-1155.

GIBBONS (M.), LIMOGES (C.), NOWOTNY (H.), SCHWARTZMAN (S.), SCOTT (P.), TROW (M.), 1994, *The new production of knowledge*, London, Sage.

GROSSETTI (M.), 1995, *Science, industrie et territoire*, Toulouse, Presses Universitaires du Mirail.

LATOUR (B.), 1987, *La science en action*, Paris, Gallimard.

LATOUR (B.), 1995, *Le métier de chercheur. Regard d'un anthropologue*, Paris, INRA.

LATOUR (B.), WOOLGAR (S.), 1982, « The cycle of credibility » in Barnes (B.) et Edge (D.), (eds.) *Science in context*, Milton Keynes, The Open University Press, 35-43.

LATOUR (B.), WOOLGAR (S.), 1988, *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, Paris, La Découverte.

LAW (J.), 1989, « Le laboratoire et ses réseaux » in Callon (M.), (dir.) *La science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris, La Découverte, 117-148.

LEYDESDORFF (L.), 1997, « The new communication regime of university-industry-government relations », in Etzkowitz et Leydesdorff (L.), (eds.), *Universities and the global knowledge economy*, London, Washington, Pinter, 106-117.

LOSEGO (P.), 1999, « La construction de la compétence professionnelle : le cas des futurs enseignants formés dans les IUFM », *Revue Française de Sociologie*, n° XL-1, 139-169.

MARTIN-SEMPERE (M.J.), PLAZA (L.M.), REY (J.), 1997, « La movilidad temporal de los investigadores postdoctorales en el extranjero », *Política Científica*, n° 47, 49-58.

PESTRE (D.), 1997, « La production des savoirs entre académies et marché. Une relecture historique du livre *The new production of Knowledge* édité par M. Gibbons », *Revue d'Économie Industrielle*, n° 79, 163-174.

RIP (A.), 1996, « La República de la ciencia en los años 90 », *Zona Abierta*, n° 75/76, 57-90.

SALVADOR (P.), 1990, « La labor investigadora del CSIC en el cuatrenio 1984-87 », *Arbor*, n° 135, 9-67.

SANZ-MENENDEZ (L.), 1995, « Research actors and the state : research evaluation and evaluation of science and technology policies in Spain », *Research Evaluation*, n° 5-1, 79-88.

SHAPIN (S.), SCHAFFER (S.), 1985, *Leviathan, and the air-pump*, Princeton, Princeton University Press.

SHINN (T.), 1999, « Change ou mutation ? Reflections on the foundations of contemporary science », *Social Science Informations/Informations sur les Sciences Sociales*, n° 38-1, 149-176.

UNESCO, 1997, *Statistical yearbook*, Paris, UNESCO Publishing & Bernan Press.

WEINGART (P.), 1997, « From finalization to mode 2 : old wine in new bottles ? », *Social Science Informations/Informations sur les Sciences Sociales*, n° 36-4, 591-613.

Philippe LOSEGO, Miquel DOMÈNECH, Francisco Javier TIRADO, *Les cycles de crédibilité des biologistes et des mathématiciens : l'exemple de deux départements universitaires de Barcelone*

Pour comprendre la position des chercheurs vis à vis d'une demande sociale en Espagne, il faut retracer les modifications qui, au cours des deux dernières décennies, ont amené la science espagnole à entrer dans la compétition scientifique mondiale. En fait, les chercheurs espagnols se trouvent rarement face à une demande industrielle mais plutôt face à des programmes scientifiques. Pour accéder à ceux-ci, ils ont dû entrer dans un "cycle de crédibilité". Leur sensibilité à la demande dépend du volume et de la nature de leurs ressources scientifiques (salaires, matériels, etc.) et du fait qu'elles soient ou non cycliques. La démonstration s'appuie sur l'analyse concrète d'un département de mathématiques et d'un laboratoire de biologie.

Mots clés : Espagne, mathématiques, biologie, programmes scientifiques et demande industrielle, ressources scientifiques, cycles de crédibilité.

Philippe LOSEGO, Miquel DOMÈNECH, Francisco Javier TIRADO, *Cycles of reliability of biologists and mathematicians : the case of two Barcelona university departments*

In order to understand the attitude of scientists with respect to a social demand in Spain, it is necessary to recall the changes which, during the two last decades have brought Spanish science to participate in worldwide scientific competition. In fact Spanish researchers find themselves faced with scientific programs rather than an industrial demand. To have access to these, they had to enter into a "cycle of reliability". Their sensitiveness to the demand depends on the volume and on the nature of their scientific resources (incomes, equipment, etc.) and whether they are cyclical or not. The demonstration is based on the case study of a department of mathematics and a laboratory of biology.

Key words : Spain, mathematics, biology, scientific programmes and industrial demand, scientific resources, cycles of reliability.

Philippe LOSEGO, Miquel DOMÈNECH, Francisco Javier TIRADO, *Los ciclos de credibilidad de los biólogos y matemáticos : el ejemplo de dos departamentos universitarios de Barcelona*

Entender la posición de los científicos respecto a una demanda social en España, supone recordar las modificaciones que, a lo largo de las dos últimas décadas, han llevado la ciencia española a entrar en la competición científica mundial. De hecho, los científicos españoles se enfrentan muy poco a una demanda industrial, y mas a unos programas científicos. Para acceder a éstos, han tenido que entrar en un "ciclo de credibilidad". Su sensibilidad a la demanda depende del volumen y del tipo de sus recursos científicos (nóminas, materiales, etc.) y del hecho de que estos recursos sean o no, cíclicos. La demostración se basa en el análisis concreto de un departamento de matemáticas y de un laboratorio de biología.

Palabras claves : España, matemáticas biología, programas científicos y demanda industrial, recursos científicos, ciclos de credibilidad.