



HAL
open science

A quoi sert la scientométrie?

Emmanuel Davoust

► **To cite this version:**

Emmanuel Davoust. A quoi sert la scientométrie?. Journal des Astronomes Français, 1993. hal-02979890

HAL Id: hal-02979890

<https://hal.science/hal-02979890v1>

Submitted on 27 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

"L'astronomie est utile parce qu'elle nous élève au-dessus de nous-mêmes; elle est utile parce qu'elle est grande; elle est utile parce qu'elle est belle. Notre intelligence peut l'embrasser toute entière et en goûter la silencieuse harmonie".

Henri Poincaré

A quoi sert la scientométrie?

Emmanuel Davoust
Observatoire Midi-Pyrénées

Si vous demandez à un astronome à quoi sert l'astronomie, il vous répondra sans doute, comme Poincaré, que l'astronomie a un rôle essentiellement culturel, qu'elle répond à quelques unes de nos questions fondamentales, sur le passé et le devenir de l'univers, et sur notre place dans cet univers. Et le besoin de trouver une réponse à ces interrogations semble justifier à lui seul une armée de chercheurs et des batteries de télescopes pointés vers le ciel.

Mais l'époque de Poincaré est révolue. Nos autorités de tutelles et nos politiciens ne l'entendent plus de cette oreille. Dans un monde en profonde mutation, devant une économie marquée par la compétitivité et le sous-emploi, devant une situation sociale marquée par l'explosion des besoins et des coûts (santé, transport, urbanisme), les chercheurs ne peuvent plus continuer à tenter de mettre à jour les lois de la nature en toute sérénité et à tout prix, suivant des règles du jeu qu'ils auront établies eux-mêmes, dans leur tour d'ivoire. Leur activité, jusqu'alors considérée comme culturelle, doit maintenant s'insérer dans la vie économique et politique du pays. Elle est devenue une ressource stratégique.

Il est donc fondamental que nous ayons une réflexion en profondeur sur le rôle et sur l'impact de notre recherche en dehors du cercle des initiés. La "rose des vents de la recherche" (Figure 1), proposée par le Centre de Sociologie de l'Innovation (Ecole des Mines de Paris), peut constituer un cadre commode pour cette réflexion. Si l'élaboration de connaissances certifiées est un pôle important du laboratoire de recherche, il en existe quatre autres : l'expertise et la vulgarisation, la formation de compétences incorporées (formation par la recherche), les avantages compétitifs (les innovations), et enfin ce qui intéresse au premier chef les pouvoirs publics, c'est-à-dire tout ce qui contribue à la puissance du pays et au bien-être de ses habitants (les biens collectifs, le prestige, l'environnement).

Bien sûr, un certain nombre de mes collègues s'insurgent contre cette sécularisation de la recherche, ils ne veulent pas avoir à se prostituer (pour reprendre le terme de l'historien des sciences Spencer Weart; voir Weart, 1976) pour obtenir les moyens de travailler. Leur vocation est de "faire de la science", pas de descendre dans l'arène. S'ils veulent jouer le jeu, cela les oblige à une certaine duplicité, à "faire un habillage" autour d'un projet par exemple. Mais les politiciens ne sont pas toujours dupes; pour avoir leur point de vue sur les fausses promesses des sciences, mais aussi sur le rôle constructif des sciences dans la société, voir Brown (1992). C'est donc la réalité présente, et je pense qu'il faut l'accepter. Elle n'est en fait pas tellement différente de celle des siècles passés, car la science a toujours eu besoin de mécènes.

La scientométrie

En outre, et c'est ici que se situe le propos de cet article, si nous voulons poursuivre notre activité de recherche dans les meilleurs conditions, c'est-à-dire en disposant de ressources suffisantes pour payer nos chercheurs, nos ingénieurs et nos techniciens, et pour équiper nos instituts de recherche et nos observatoires (et les préserver

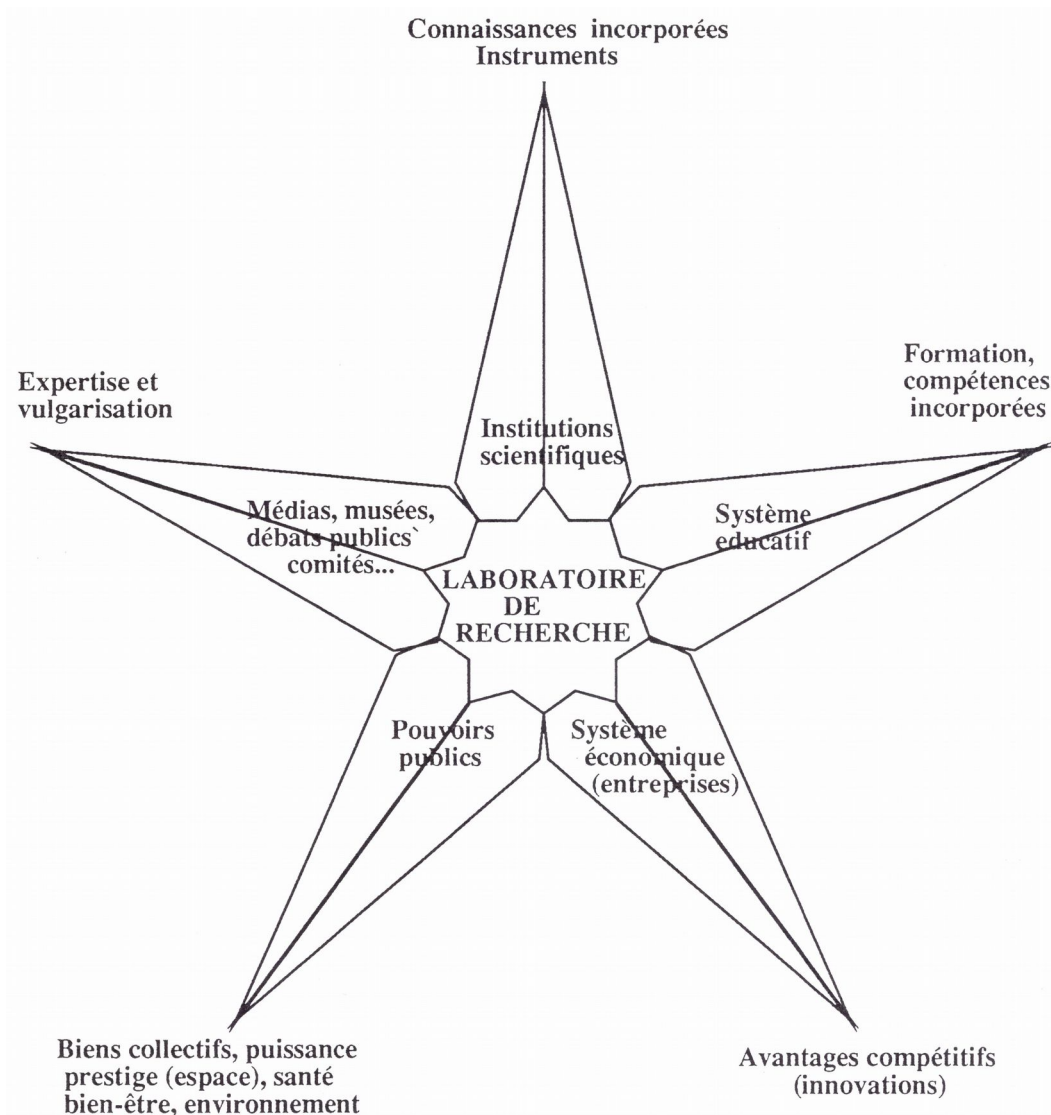


Figure 1 : la rose des vents de la recherche

accessoirement de la fermeture), il est impératif que nous puissions démontrer quantitativement et à tout moment que notre recherche s'insère bien dans la vie culturelle, mais aussi économique et politique, du pays. Pour cela, il convient de développer et d'appliquer des outils conceptuels nouveaux.

C'est le rôle de la scientométrie, une jeune science qui commence à développer des outils pour prendre la mesure des sciences et des techniques. Il s'agit de répondre à des questions comme :

- Quels sont les programmes de recherche qui structurent le développement des connaissances dans le domaine étudié?
- Quels sont les thèmes les plus actifs (ou, à l'inverse, ceux qui tendent à disparaître)?
- Quels sont les acteurs impliqués?
- Quelles sont leurs stratégies?
- Comment évaluer la qualité, la pertinence des travaux de recherche?
- Comment suivre et réorienter des projets?
- Quelles sont les spécialités cruciales pour le développement d'autres disciplines?

C'est aussi notre rôle, dans la mesure où la scientométrie a besoin d'experts pour valider ces outils et les analyses qu'ils permettent, éventuellement pour développer d'autres outils, mieux adaptés à la spécificité de

notre discipline. La scientométrie a aussi besoin de nous pour constituer des bases de données et les maintenir à jour. Je pense à l'inventaire des publications, aux rapports d'activités, mais aussi à l'inventaire des thésards, des stagiaires (DEA, élèves-ingénieurs, etc.), des visiteurs étrangers (postdocs, sabbatiques, etc.), des contacts avec l'industrie (contrats, brevets, échanges de personnel), en bref l'inventaire détaillé de tout ce qui constitue la vie d'un laboratoire, un Labintel plus détaillé en quelque sorte.

Nous avons tout intérêt à participer activement à cette analyse de notre discipline et de sa dynamique, plutôt que d'attendre passivement le verdict des comités de sages ou d'audit, et de nous mobiliser lorsqu'il est trop tard. Outre son intérêt évident pour la défense et la promotion de notre discipline, un tel travail a le mérite de situer notre recherche dans un cadre plus vaste, et peut nous permettre de mieux comprendre notre rôle dans la société.

Les principaux outils scientométriques sont encore essentiellement bibliographiques (voir Courtial, 1991). Il s'agit des comptages d'articles scientifiques et de citations dans les listes de références de ces articles. La principale base de données correspondante est le Science citation Index, développé et mis à jour au *Institute for Scientific Information*, à Philadelphie. Ces outils souffrent de défauts évidents sur lesquels je ne vais pas m'attarder; mais, dans certaines conditions, ce sont de bons indicateurs, comme je vais le montrer ci-dessous. Signalons que de nouveaux indicateurs, comme les mots-clés associés ou les co-citations, ont été mis au point; ces derniers, complétés par l'analyse lexicale des titres des articles scientifiques, permettent de mettre en évidence des fronts de recherche et de décrire des réseaux de recherche et les relations entre eux.

Analyses scientométriques de l'astronomie

Trop peu d'astronomes s'intéressent actuellement à la scientométrie. Helmut Abt, éditeur de l'*Astrophysical Journal*, a été le premier à examiner les articles d'astronomie de ce point de vue. Parmi les autres astronomes qui ont contribué au sujet, citons Virginia Trimble, et, en France, Carlos Jaschek et moi-même. J'ai relevé sous forme de trois tableaux (Tableaux 1, 2 et 3) les titres de la plupart des articles de scientométrie appliquée à l'astronomie; ces trois tableaux donnent un aperçu des thèmes abordés. Toutes ces recherches donnent un éclairage intéressant sur notre profession, sur notre façon de publier, mais en général ne fournissent pas d'aide à la gestion de notre discipline, sauf les premiers travaux de chaque liste (ceux précédés d'une astérisque). Les autres contribuent tout au plus, du point de vue scientométrique, à mieux comprendre et interpréter les comptages de publications et les taux de citations.

Tableau 1 : analyses de publications

<p>*An assessment of research done at the National optical Observatories *The cost-effectiveness in terms of publications and citations of various Optical telescopes at the KPNO *Trends towards internationalisation in astronomical literature A study of the publishing activity of astronomers since 1969 Some trends in American astronomical publications Statistical publication histories of American astronomers At what ages did outstanding American astronomers publish their most-cited papers? Publication by Canadian astronomers Publication rates and trends in international collaborations for astronomers in developing countries, Eastern European countries, and the former Soviet Union Are papers by well-known astronomers accepted for publication more readily than other papers? What happens to rejected astronomical papers? Growth rates in various fields of astronomy Short communications in the astronomical literature Postwar growth in the length of astronomical and other scientific papers Publication characteristics of members of the AAS</p>
--

Tableau 2 : analyses de citations

*Citations to federally-funded and unfunded research
*The visibility of West-European astronomical research
Journal referencing
Reference frequencies in astronomy and related sciences
A comment on the author's ages for the most cited papers
What fraction of literature references are incorrect?
Long-term citation histories of astronomical papers
The evaluation of scientific research : a brief study of citations to research papers from the Dominion Astrophysical Observatory
Some notes on patterns in citations of papers by american astronomers
A note on self-citation rates in astronomical papers
Death comes as the end -- effects of cessation of personal influence upon rates of citation of astronomical papers
Citation analysis of astronomical literature : comments on citation half-lives
Multiple citations of multiple-author publications
Citations to single and multiauthored papers

Tableau 3 : autres analyses

The production of astronomers : a model for future surpluses?
The graying of American astronomy
The size of the astronomical community
The distribution of astronomical research among the United States over the past half century
Long-term careers of astronomers with doctoral degrees from prestigious vs non-prestigious institutions
On the graduate schools of American university astronomers
Some characteristics of young vs established american astronomers

L'évaluation qualitative d'un groupe ou d'un thème scientifique reste extrêmement délicate et risquée, comme l'a montré une tentative d'évaluation de la radioastronomie par des experts extérieurs à notre discipline (Irvine et Martin, 1981), une évaluation dont les faiblesses ont été relevées par Gouguenheim et Kazès (1982).

J'ajouterai que le problème d'évaluer la qualité d'une recherche n'a pas été abordé au cours d'un récent colloque "la scientométrie en action", qui s'est tenu au Ministère de la Recherche et de l'Espace à Paris en juin 92. Les principales préoccupations des participants de ce colloque ont été de développer des outils scientométriques, en particulier pour identifier des fronts de recherche et pour gérer et programmer la recherche et l'activité industrielle. Autrement dit, il s'agit avant tout d: maîtriser l'information technique et scientifique, de voir où et comment se développe une activité de recherche, de mesurer son dynamisme, mais sans évaluer sa qualité intrinsèque.

On pourra me rétorquer que la qualité d'une recherche doit tout de même se voir en filigrane, par exemple si tout le monde en parle; mais n'est-ce pas souvent le résultat d'un service de relations publiques bien fait (de ce point de vue nous avons beaucoup à apprendre de nos collègues outre- Atlantique), ou simplement des qualités de rhétorique ou des dons de persuasion des auteurs, ou encore de leur visibilité? En bref, la scientométrie n'a pas la prétention d'évaluer directement la qualité d'une recherche individuelle, et ne pourra pas servir à des fins de promotions (ou démotions) individuelles. Elle fournit des indicateurs, avec leurs qualités et leurs défauts, pour quantifier l'activité de recherche, pour cartographier ses réseaux et ses ramifications. L'étape suivante, celle d'interpréter les chiffres et les diagrammes, reste très délicate et demande la collaboration d'experts du domaine étudié.

Je voudrais maintenant, pour montrer l'intérêt d'analyses scientométriques de l'astronomie, présenter des extraits

de deux études que j'ai réalisées ou complétées récemment. en collaboration avec d'autres chercheurs. La première est une analyse statistique de tous les articles d'astronomie publiés dans le monde entre 1969 et 1987 (Davoust et Schmadel, 1991). La deuxième est une analyse de l'astronomie à travers les relations entre journaux de la discipline (Bercegol et al., 1993).

Evolution de la production astronomique par thème

Ce premier exercice de cartographie de l'astronomie consiste à subdiviser notre discipline en thèmes, à compter le nombre d'articles dans chaque thème au fil des ans, et à mettre en évidence des fluctuations éventuelles dans l'assiduité des astronomes pour un thème donné. J'ai adopté une classification thématique suivant les chapitres de la revue *Astronomy and Astrophysics Abstract* (ci-après AAA). Cette répartition n'est peut-être pas parfaite, mais elle a l'avantage de servir de base au classement de tous les articles répertoriés dans AAA. Ayant eu accès à la base de données informatique correspondante, j'ai pu faire l'inventaire par thème de tous les articles d'astronomie publiés depuis que la base existe, c'est-à-dire 1969.

Le tableau 4 donne la distribution par thème du nombre annuel de AIE (*author index entries*). C'est le nombre total de signatures à des articles. A titre d'exemple, dix articles de 3 auteurs chacun totalisent 30 AIE, même si le nom d'un auteur apparaît dans plusieurs de ces articles. C'est un indicateur de production où chaque article est pondéré par le nombre d'auteurs. C'est donc une référence plus utile que le nombre total d'articles différents lorsqu'on étudie la contribution d'un sous-ensemble d'astronomes à chaque domaine de recherche, les français en l'occurrence. Le chiffre porté en tête de chaque colonne est celui du chapitre correspondant dans AAA.

Tableau 4 : nombre annuel de author index entries dans les 13 thèmes de recherche astronomique

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1969	1130	483	885	477	362	1049	1722	1350	3063	1975	806	1670	1111
1970	1307	445	1012	661	395	1379	1965	1891	4957	2337	855	1684	1406
1971	1334	525	1254	618	387	1573	2276	1807	4015	2395	920	2572	1439
1972	1496	633	1428	839	414	1728	2236	2067	4391	2723	878	2350	1833
1973	1549	434	1453	740	446	1947	2701	1797	6550	3204	1483	2155	1825
1974	1616	467	1595	800	462	1904	2650	1973	7219	2938	1377	2068	1786
1975	1836	508	1976	999	449	1949	2955	1670	5674	3500	1411	2734	2017
1976	1776	522	1953	779	482	2273	3167	1855	5869	3561	1755	4908	2660
1977	1963	576	2200	785	552	1897	2294	2096	5656	3182	1592	2497	2414
1978	2177	675	2558	954	464	2392	2372	2453	5645	4003	2128	3466	3206
1979	1914	893	2129	873	492	2093	2048	1973	6190	3832	1608	2854	2924
1980	1893	1227	2354	841	455	2553	2723	1586	5972	4993	2188	3241	3664
1981	2183	1112	2374	796	345	2310	3064	1734	5836	5018	1980	3453	3481
1982	2438	1110	2639	941	424	2604	2772	1390	5272	5787	2438	3291	4474
1983	2550	947	3041	1133	466	2490	3336	1324	5712	5437	2265	2345	6135
1984	2612	897	3161	900	603	3249	3194	1673	5473	6214	2467	1932	7371
1985	3130	1069	4395	1153	711	3742	4176	1705	5613	7661	2546	4980	7205
1986	3003	996	4910	1318	906	3991	2842	1549	7353	7201	2845	1593	7822
1987	2740	974	4608	839	594	3926	3262	1554	9172	8193	3011	1817	8731

Note : Les chapitres de AAA couvrent les thèmes suivants.

- 1 : Périodiques, comptes rendus, livres;
- 2 : Maths appliqués, physique;
- 3 : Instruments et techniques astronomiques;
- 4 : Astronomie de position, mécanique céleste;
- 5 : Recherche spatiale;
- 6 : Astrophysique théorique;
- 7 : Soleil;
- 8 : Terre;
- 9 : Système planétaire;
- 10 : Etoiles;
- 11 : Milieu interstellaire, nébuleuses gazeuses et planétaires;
- 12: Radiosources, quasars, pulsars, infrarouge, rayons X et gamma, rayonnement cosmique;
- 13: Systèmes stellaires.

Ce tableau montre dans quels domaines de l'astronomie se sont portés les efforts des chercheurs au cours des dernières décennies. Alors que le nombre d'AIE croît de façon monotone dans la plupart des domaines de l'astronomie, la recherche spatiale (5) et, probablement par voie de conséquence, la Terre (8) et le système planétaire (9) ont subi une légère récession au début des années 80. Les domaines les plus dynamiques des 19 dernières années sont les systèmes stellaires (13), suivis de l'instrumentation (3); viennent ensuite l'astrophysique théorique (6), les étoiles (10) et le milieu interstellaire (11).

Analysons maintenant la place des astronomes français dans cette évolution (Tableau 5); la production française a été en progression dans tous les grands domaines de l'astronomie, et surtout dans les domaines de pointe que sont l'instrumentation, la recherche spatiale et les hautes énergies. Le milieu interstellaire a aussi connu une progression remarquable. Le gros de la production reste cependant concentré dans des domaines classiques : le Soleil et les étoiles.

Il ne faut pas perdre de vue dans cette analyse que le sous-échantillon des astronomes français comprend les 624 astronomes de l'Annuaire de l'Astronomie Française pour 1986, donc actifs en 1986. La contribution des français à un thème, en 1969 par exemple, ne tient donc pas compte des astronomes actifs en 1969 et qui ont quitté l'astronomie depuis.

Pour la période 1984-87, les domaines où la contribution des français à la production mondiale, comptée en nombre de signatures, est supérieure à la moyenne (3.52%) sont l'astronomie de position (4), le Soleil (7), le système planétaire (9), les étoiles (10), le milieu interstellaire (11) et les domaines radio, X et gamma (12).

Tableau 5 : nombre d'AIE français dans les 13 thèmes de recherche astronomique

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1969-73	127	46	125	109	15	155	329	72	267	399	111	128	329
1974-78	197	62	200	216	29	279	438	105	385	476	285	268	503
1979-83	378	146	404	183	49	288	524	69	775	895	428	430	850
1984-87	523	98	534	176	67	301	567	53	1134	1087	513	385	1032
% AIE	4,55	2,49	3,13	4,18	2,38	2,02	4,21	0,82	4,11	3,72	4,72	3,73	3,32

On voit tout de suite l'intérêt de ce genre d'exercice : les astronomes français ont-ils bien identifié les créneaux de recherche en expansion? L'étape suivante est bien sûr de prendre un peu de recul et de s'interroger sur

l'opportunité de s'être engouffrés (ou de continuer à le faire) dans tel ou tel domaine de pointe à la suite des Américains.

Les frontières de l'astronomie

Pour situer l'astronomie dans un contexte plus vaste, et pour montrer que les astronomes ne sont pas isolés, qu'ils ont des échanges scientifiques avec des chercheurs d'autres disciplines, j'ai fait l'inventaire des citations dans un grand journal d'astronomie, en l'occurrence *Astrophysical Journal*, vers les journaux des autres disciplines. J'ai extrait ces citations à la main dans les listes de références bibliographiques des numéros de janvier à juin 1989 d'*Astrophysical Journal*.

- Ces 12 numéros contiennent 577 articles, et 292 d'entre eux (soit 50%) contiennent des références à des journaux d'autres disciplines. Ces 292 articles contiennent aussi la moitié des citations bibliographiques (11128 sur 20851).

- Seulement 1365 citations (soit 6.5% du total) renvoient à des journaux non astronomiques.

Si je me limite aux citations qui renvoient à des articles postérieurs à 1950, cela fait 1241 références à des journaux non astronomiques, et j'ai vérifié que 676 (soit 54%) d'entre elles sont inventoriées dans AAA (ou dans *Astronomisches Jahrbuch*, son prédécesseur avant 1969); autrement dit :

- à peu près la moitié des citations qui renvoient à des journaux non astronomiques concernent tout de même un article sur un thème astronomique.

Pour pouvoir interpréter ces chiffres, je fais l'hypothèse que les citations qui renvoient à des journaux non astronomiques correspondent à une information puisée à l'extérieur, donc à un flux vers l'astronomie, sauf dans le cas où l'article est inventorié dans AAA, auquel cas je juge (avec les auteurs de l'article en question) que c'est un sujet d'astronomie qui peut intéresser la discipline du journal cité, donc à un flux potentiel de l'astronomie vers l'extérieur. L'égalité numérique des deux types d'articles cités dans des journaux non astronomiques (en fait 54 et 46%) suggère que le flux d'information de l'astronomie vers l'extérieur est comparable au flux inverse. Ceci dit, ces deux flux sont modestes, puisqu'ils ne représentent chacun qu'environ 3% de l'information citée.

Le tableau 6 donne la répartition thématique des journaux extérieurs à l'astronomie, ainsi que le nombre N de journaux et de références dans chaque thème.

Tableau 6 : Répartition thématique des journaux "frontières"

PHYSIQUE	N journaux	N références	GEOPHYSIQUE	N journaux	N références
Physique générale	55	600	Géo. générale	11	162
Physique - Chimie	6	94	Géo. spatiale	7	25
Physique atomique, mol.	10	81	Météo, atmosphère	6	7
Mécanique des fluides	4	73			
Physique nucléaire	9	52	CHIMIE	12	34
Optique	3	29	MATH	14	23
Physique - math	3	24	ESPACE	9	49
Plasmas	6	23			
Physique comput.	5	21	INGENIEURS	8	36

Acoustique	3	8			
Gravitation cosmologie	2	7	DIVERS	2	4
Divers physique	9	13			

L'étape suivante de ce travail sera d'examiner plus en détail les flux de connaissances dans les domaines frontières identifiés, plus particulièrement les laboratoires de recherche français.

Autres analyses scientométriques

Il existe d'autres analyses scientométriques de notre discipline. Carlos Jaschek a publié dans ce même journal une étude des taux de publication et de citation des astronomes français (Jaschek 1990, 1991, 1992). Plusieurs études de la productivité des télescopes français en termes de publications ont été faites ou sont en cours, mais elles restent toujours sous forme de rapports internes à faible diffusion. Jean Lecacheux avait présenté une telle étude lors des Journées de la SFSA à Toulouse, il y a quelques années, et j'avais conclu des réactions de l'audience que la communauté n'était pas encore prête pour ce genre de message.

Bien que les enquêtes ne soient pas considérées comme un outil scientométrique, je voudrais citer celle de Daniel Kunth (1992), sur la vulgarisation des sciences au CNRS. La vulgarisation est, l'une des branches de la rose des vents de la recherche, et, à ce titre, ce genre d'étude rentre tout-à-fait dans le cadre d'une analyse dynamique de notre discipline. Cette enquête montre que les astronomes contribuent en moyenne davantage que leurs collègues des autres sciences exactes à la diffusion des connaissances, mais que la nécessité de vulgariser les sciences, c'est-à-dire de les diffuser au-delà du cercle des spécialistes, n'est pas assez reconnue. Le rapport de l'enquête a le grand mérite de proposer treize mesures concrètes pour améliorer les conditions de diffusion de l'information scientifique et technique.

Enfin je voudrais citer Callon et Leydesdorff (1987) qui ont analysé l'ensemble de la recherche française à partir d'indicateurs bibliométriques. Parmi les travaux de recherche français, ce sont les mathématiques qui ont le meilleur score au niveau mondial, mais la physique est aussi bien placée. La correspondance suscitée par cet article montre une fois de plus qu'il n'est pas facile de faire parler les chiffres.

Conclusion

Cet article a pour but de sensibiliser la communauté astronomique française à la scientométrie. C'est une science qui fournit des indicateurs quantitatifs des activités liées à la recherche; mais c'est aux astronomes de donner un sens à ces indicateurs, en les plaçant dans un contexte qu'ils sont les seuls à bien connaître. Il serait maintenant souhaitable qu'un débat sur ce sujet soit organisé, par exemple lors des journées de la SFSA.

Remerciements. Cet article est le résumé d'un séminaire présenté à l'Observatoire de la Côte d'Azur à Nice. Je remercie Anne-Laure Melchior et Christophe Lagoute qui m'ont aidé à compter les citations de l'*Astrophysical Journal*, et Carlos Jaschek qui a bien voulu lire une première version de cet article, qui a paru dans le *Journal des Astronomes Français*, n°44, p.13-19, 1993.

Bibliographie

Bercegol, H., Callon, M., Davoust, E.: 1993, L'astronomie, cartographie d'une discipline, *Les Cahiers de l'ADEST*, numéro spécial, p. 44-49, juillet 1993

Brown, G.E. Jr.: 1992, Guest comment : the objectivity crisis, *American Journal of Physics*, 60, 779

Callon, M., Leydesdorff, L.: 1987, La recherche française est-elle en bonne santé?, *La Recherche*, 18, 412 (correspondance de Jean Audouze et réponse des auteurs, *La Recherche*, 18, 953)

Courtial, J.-P.: 1991, *Introduction à la scientométrie*, Editions Economica

Davoust, E., Schmadel, L.D.: 1991, A study of the publishing activity of astronomers since 1969, *Scientometrics*, 22, 9

Gouguenheim, L., Kazès, I.: 1982, L'évaluation de la recherche : une interprétation abusive '? *La Recherche*, 11 131, 416

Irvine, J., Martin, B.R.: 1981, L'évaluation de la recherche fondamentale est-elle possible? *La Recherche*, n 128, 1406

Jaschek, C.: 1990, Sur les publications des astronomes, *Journal des Astronomes Français*, 38, 4

Jaschek, C.: 1991, Sur les publications des astronomes (suite), *Journal des Astronomes Français*, 40, 3

Jaschek, C.: 1992, Sur les publications des astronomes (suite et fin), *Journal des Astronomes Français*, 41, 23

Kunth, D.: 1992, La place du chercheur dans la vulgarisation scientifique, *Ministère de la recherche et de l'espace, département culture scientifique et technique*, septembre 1992.

Weart, S. R.: 1976, The rise of 'prostituted physics', *Nature*, 262, 13