

Etudes et Thèses

The background of the cover is a solid red color. On the left side, there is a large, abstract graphic composed of several thick, white-outlined, wavy lines that curve upwards and to the right, creating a sense of movement and depth. The lines are layered, with some appearing closer to the viewer than others, creating a three-dimensional effect.

STRATEGIES SCIENTIFIQUES ET DEVELOPPEMENT

SOLS ET AGRICULTURE
DES REGIONS CHAUDES

**Yvon CHATELIN
Rigas ARVANITIS**

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

**STRATEGIES SCIENTIFIQUES
ET
DEVELOPPEMENT**

Des mêmes auteurs :

CHATELIN Yvon, 1979, *Une Epistémologie des sciences du sol*, Editions de l'ORSTOM, Mémoires n° 88, ISBN 2-7099-0507-8, 151 pages.

CHATELIN Yvon et ARVANITIS Rigas, éd., *Pratiques et Politiques scientifiques*, Actes du Forum des 6 et 7 février 1984, Editions de l'ORSTOM, hors série, ISBN 2-7099-0733-X, 192 pages.

CHATELIN Yvon et RIOU Gérard, éd., 1986, *Milieux et Paysages, Essai sur diverses modalités de connaissance*, Editions Masson, ISBN 2-2258-0818-X, 160 pages.

Yvon CHATELIN et Rigas ARVANITIS

**STRATEGIES SCIENTIFIQUES
ET
DEVELOPPEMENT**

SOLS ET AGRICULTURE DES REGIONS CHAUDES

Editions de l'ORSTOM

Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération
Collection Etudes et Thèses
Paris 1988

ISSN : 0767-2888
ISBN : 2-7099-0893-X

© ORSTOM 1988

ABSTRACT

Bibliometrics consists of quantitative studies of the scientific publications. It provides valuable methods for the identification and evaluation of research activities. However studies realized until now dealt only with publications of high prestige. The so-called "mainstream" is the only one currently studied. Furthermore, it is usually said that papers originated in the Third World account for in between 5 % and 10 % of the local bulk of world publications.

The present book suggests a complete revision of these assessments. It deals with publications on soils and agriculture, a field of major interest for development. In this field, it appears that developing countries themselves account for one-tenth of world research. Moreover, taking into account the research originated by scientists from developed countries who are working in tropical countries, and developed countries located in similar ecological environments, it appears that one-fifth of world research can be useful for developing countries of the tropics and semi-tropics. This is what we call available science for tropical countries.

The origin of publications gives a clear account of the scientific achievements in each country. Among developing countries themselves, India and then Brazil are the most powerful. Although not a developing country, it must be noted that Australia has a high level of scientific activity in soil and agriculture which may be of value for many Third World countries. Efforts realized by countries of the North to benefit the South vary widely. France and the United States are the leading countries in this area. Bibliometric analysis shows that each country, whether in the North or South, has its specific science policies.

Most of the publications concerning soils and agriculture do not belong to the international "mainstream" science. This relative exclusion has nothing to do with scientific quality. The behavior of a team of scientists originating in the North but working in the South has been studied. The most striking feature are the differences in individual behavior. Each scientist makes the choice of a "target", that is, of a particular public, through the choice of the journal where he publishes. Many take part in international activities such as congresses and other commitments but publish in journals of their own countries. "Grey" literature also plays an important role, even in the case of high prestige scientists. Our study shows the time that is necessary in order to create a "scientific generation".

The content of research was analyzed by a new computerized method created by a team of French scientists, co-word analysis. The method provides a mapping of scientific orientations. The basic data are the key-words. The statistical analysis of "co-occurrence" of key-words makes research problems appear clearly. In the case studied, some fifty different groups of scientific pro-

blems were identified. It is shown in our analysis that most of the research directly involved in the local development of each country is done by the countries themselves.

The study as a whole brings new elements to the fundamental debate on scientific research in developing countries. It analyses the conflict between localized or homegrown science and international strategies. Some new tools of analysis and insights in the management of research are proposed.

RESUME

La bibliométrie est l'étude quantitative des publications scientifiques. Elle constitue une méthode récente pour l'identification et l'évaluation des activités de recherche. Les études réalisées jusqu'à présent ont concerné les publications de grand prestige, constituant le « mainstream », comme la seule partie valable de la science contemporaine. Elles ont estimé le volume des études concernant le Tiers-Monde à 5 % de la production scientifique mondiale.

La présente étude conduit à réviser ces deux propositions. Le domaine étudié est celui des sols et de l'agriculture, en raison de l'intérêt majeur qu'il présente pour le développement. Il apparaît alors que les pays en développement réalisent eux-mêmes environ 10 % de la recherche mondiale. Si l'on considère ce qui est fait en d'autres pays, ce sont 20 % de la recherche mondiale qui sont consacrés aux régions chaudes et qui peuvent, en raison des similitudes écologiques, être utiles au Tiers-Monde.

L'origine des publications permet d'évaluer clairement le potentiel scientifique des différents pays. Parmi les pays en développement eux-mêmes, l'Inde puis le Brésil sont de loin les plus actifs. Ne faisant pas partie des pays en développement, mais appartenant aux régions chaudes, l'Australie a une forte production scientifique qui intéresse le Tiers-Monde. Les efforts réalisés par les pays du Nord pour ceux du Sud apparaissent très inégaux. La France et les Etats-Unis sont ceux qui travaillent le plus pour le développement. Qu'ils soient du Nord ou du Sud, tous ces pays suivent des politiques scientifiques différentes, qui sont traduites par le choix des thèmes étudiés.

La grande majorité des études concernant les sols et l'agriculture ne font pas partie du « mainstream ». La valeur scientifique n'est pas en cause. L'étude d'un groupe de chercheurs, appartenant à un pays du Nord mais travaillant pour les pays du Sud, montre la diversité des comportements individuels. Beaucoup de chercheurs participent activement à la vie scientifique internationale mais ne publient la plupart de leurs travaux que dans des revues nationales. Chaque chercheur choisit une « cible », un public particulier et, par conséquent, un certain type de publication. La littérature « grise » est importante. L'étude réalisée porte sur la durée d'une « génération scientifique » et montre l'importance du temps pour la mise en place d'une dynamique scientifique.

Les thèmes de recherche ont été analysés par une méthode originale de cartographie automatique créée récemment par des chercheurs français. Il s'agit des « Leximappes ». La méthode utilise les mots clés qui servent à caractériser chaque publication. La « co-occurrence » des mots clés, au-delà d'un certain seuil, définit des problèmes scientifiques. Dans le cas étudié, un large éventail de sujets de recherche est apparu. La cartographie automatique donne un moyen particulièrement efficace pour suivre les progrès scientifiques d'une part, et pour

aider chaque pays ou chaque groupe scientifique à choisir sur quels points porter les efforts.

Le travail réalisé apporte des éléments à un débat de fond sur la recherche scientifique dans les pays en développement. Le conflit entre une stratégie auto-centrée et une stratégie internationale est analysé. Les régions chaudes apparaissent déjà riches de connaissances. La science « tropicaliste », la science « au service du développement » se construisent en ce moment même. La bibliométrie et, plus généralement, la sociologie de la science apportent des moyens nouveaux pour mieux connaître et orienter ce processus.

SOMMAIRE

Avant-propos	13
Chapitre premier Science, développement et autonomie scientifique ...	15
Chapitre II Une méthode de travail	25
Chapitre III Les grandes lignes de la géopolitique scientifique ..	41
Chapitre IV Les stratégies scientifiques	49
Chapitre V Les dynamiques individuelles	65
Chapitre VI L'analyse des contenus scientifiques	83
Chapitre VII Une cartographie de la thématique scientifique	97
Chapitre VIII Les rectifications nécessaires	119
<i>Annexe :</i> Constitution de la base documentaire utilisée pour l'analyse géopolitique et pour la cartographie automa- tique	133
<i>Bibliographie</i>	137

AVANT-PROPOS

Le travail présenté dans ce livre a été réalisé dans le cadre des programmes de l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (213 rue La Fayette, 75010 Paris), que l'on connaît généralement par son ancien sigle ORSTOM. Au sein de l'Institut, un Département a pris pour objet l'étude des « conditions d'un développement indépendant », et à ce titre il a constitué une équipe de recherche sur les « Pratiques et politiques scientifiques ». Il s'agit bien entendu, comme pour l'ensemble de l'Institut, de travailler sur les pays en développement ou, si l'on préfère ce terme, sur les pays du Tiers-Monde.

Les auteurs sont deux chercheurs de l'ORSTOM. YVON CHATELIN a étudié les sols tropicaux, en pédologue, pendant de nombreuses années, avant de se préoccuper de politique scientifique. Il connaît donc personnellement les problèmes de recherche sur les sols et l'agriculture des régions chaudes. RIGAS ARVANITIS est sociologue, spécialisé en sociologie des sciences et du développement. Il a personnellement travaillé sur les indicateurs de la recherche (critères d'identification et d'évaluation) et sur les techniques bibliométriques. En joignant leurs compétences, les auteurs ont défini un domaine d'investigation.

Pour mener à bien le travail envisagé, il fallait avoir accès à une base documentaire et à certains moyens informatiques. WILLIAM TURNER, chef de la division informatique au Centre de documentation scientifique et technique (CDST) du CNRS (29 rue Boyer, 75020 Paris), a donné les facilités nécessaires. Grâce à son intervention et avec l'aide de ses collaborateurs, notamment PASCALE COGET, DENISE PÉLISSIER, GHISLAINE CHARTRON, la base documentaire PASCAL a pu être exploitée, dans les conditions qui seront décrites plus loin.

Les publications sélectionnées dans la base PASCAL ont été étudiées par la méthode des co-occurrences des mots clés. Cette méthode, qui conduit à l'établissement par ordinateur des « Leximappes » ou « Cartindex », est une œuvre collective. Elle a été réalisée, en collaboration avec WILLIAM TURNER, par un groupe de chercheurs du Centre de sociologie de l'innovation (École des Mines, 62 boulevard Saint-Michel, 75006 Paris). Le lecteur trouvera leurs noms dans la bibliographie. Pour notre travail, nous avons essentiellement collaboré avec JEAN-PIERRE COURTIAL et SERGE BAUIN. Il faut mentionner spécialement BERTRAND MICHELET, qui a participé aux dernières mises au point méthodologiques, et qui est personnellement intervenu lors de l'interprétation des résultats obtenus.

En réalité, toute l'information traitée dans le présent livre ne provient pas uniquement de la base documentaire PASCAL. Une partie a été préparée, à partir d'autres sources, par LAURENCE PORGES, documentaliste de l'ORSTOM.

En conclusion, le travail qui va être maintenant présenté est largement un travail collectif. Des remerciements particuliers sont adressés à WILLIAM TURNER, qui a été au centre de l'organisation nécessaire, après avoir depuis beaucoup

plus longtemps donné à l'équipe ORSTOM l'idée d'un travail bibliométrique concernant le Tiers-Monde. Ces remerciements seraient incomplets si l'on ne mentionnait pas Roland WAAST, qui était au moment de notre étude le chef du département « Conditions d'un développement indépendant » de l'ORSTOM, qui a stimulé et soutenu la recherche entreprise sur les pratiques et politiques scientifiques.

CHAPITRE PREMIER

SCIENCE, DEVELOPPEMENT ET AUTONOMIE SCIENTIFIQUE

Pour le Tiers-Monde d'aujourd'hui, que représente la science, quels espoirs place-t-on en elle ? Quelle est la situation des pays en développement en matière de recherche ?

Les réponses qu'il faudrait pouvoir donner à de telles interrogations ne sont pas toujours très nettes. Dans les pays les plus développés, après la Deuxième Guerre mondiale, la recherche a connu une exceptionnelle expansion, elle a bénéficié d'une confiance presque sans faille. A la suite de nombreux débats et controverses sur le rôle de la science et de la technologie, cette confiance a été ébranlée. De nombreux livres récents expriment un scepticisme nouveau en la matière : *Des savants, pour quoi faire ?* de Rémy Chauvin, ou *Qui a peur de la science ?* de Jean-Marie Legay, par exemple. Il nous semble que ce scepticisme n'est pas partagé par les pays du Tiers-Monde qui trouvent dans la science et la technologie un moyen pour leur développement.

C'est pourquoi, dans cet ouvrage qui veut parler de stratégies scientifiques dans leur rapport au développement, il n'est pas superflu de se situer dans les perspectives propres au Tiers-Monde, qui ne sont pas celles des pays nantis. Il existe aujourd'hui une volonté affirmée par les pays en développement eux-mêmes, qui est d'assurer la croissance de leur recherche et leur autonomie scientifique. Incontestablement, cette prise de position constitue un événement majeur, de dimension mondiale. C'est le Plan de Lagos qui, en 1964, a le plus clairement défini cette volonté, et qui a initié un mouvement qui devait, en quelques années, s'étendre jusqu'aux pays les moins développés et les moins préparés à s'intéresser à la science. Quinze ans plus tard, la Conférence des Nations-Unies sur la science et la technique au service du développement, à Vienne (1979), a consolidé le mouvement. La conviction que la recherche scientifique est l'une des clés nécessaires à la sortie du sous-développement est communément admise. Reste à trouver comment peut émerger une politique scientifique propre au Tiers-Monde (Y. Chatelin, *La science et le développement : l'histoire peut-elle recommencer ?*, Tiers-Monde, 1986). Reste à savoir aussi s'il n'y a pas encore à « créer une recherche scientifique et technique spécifique pour les pays en développement » (IEDES, *Enquête sur la coopération internationale*, 1973) ou s'il faut au contraire savoir utiliser la science universelle quelle que soit son origine et quel que soit son producteur.

Nous n'apporterons pas de réponse univoque, mais nous voulons donner les moyens pour poser les termes du débat. Pour cela nous allons opérer trois choix. Tout d'abord, nous allons considérer un champ scientifique qui est essentiel pour

les PED, *l'agriculture et les sciences du sol*. Deuxièmement, nous allons examiner non pas la seule production des pays du Tiers-Monde, mais l'ensemble de la science concernant leur agriculture : *la science produite par les pays en développement ainsi que celle produite par des chercheurs des pays industrialisés qui travaillent dans, sur ou avec les PED*. Enfin, nous allons employer une méthode qui nous permettra de décrire et analyser la production scientifique ; il s'agit de *la bibliométrie*, c'est-à-dire l'analyse des publications scientifiques et techniques par des méthodes quantitatives.

Un domaine scientifique stratégique : les sciences du sol et de l'agriculture

La réalité quotidienne du Tiers-Monde, c'est d'un côté la terre brûlée et desséchée par le soleil, c'est de l'autre les milieux forestiers et leur excès d'humidité. La réalité quotidienne est celle de populations rurales qui n'ont pas su trouver leur équilibre avec ces milieux contraignants à l'extrême. C'est pourquoi l'essentiel et le plus urgent à l'heure actuelle réside encore (à notre point de vue) dans la recherche-développement en agriculture (voir, par exemple, *Paysans, experts et chercheurs en Afrique noire*, Karthala, 1985). De plus, le futur des sciences agricoles est en train de changer très rapidement sous l'impulsion des biotechnologies : l'agriculture du XXI^e siècle sera probablement très différente de celle que nous connaissons. Au cas où les PED ne prendraient pas conscience de ce changement en cours, l'écart technologique actuel risque de s'agrandir. L'urgence du présent et la nécessité du futur signalent l'importance du thème ici choisi.

Par ailleurs, une connaissance personnelle (par Y. Chatelin) de l'étude des sols des régions chaudes a été déterminante. L'étude des sols, qui s'inscrit clairement dans l'ensemble de la recherche-développement en agriculture, est une impérieuse nécessité. Le lecteur aura compris que nous défendons la possibilité d'une science tropicaliste et tiers-mondiste dans une large mesure autocentrée. L'autocentrage scientifique ne peut pas être le même partout. Peut-être même est-il impensable en certains secteurs de la science. En tout état de cause, il faut commencer à le réaliser là où il semble le plus nécessaire et le plus facile. C'est assurément le cas pour les sciences des sols et des paysages, c'est-à-dire pour la connaissance de ces « corps naturels localisés » (voir l'analyse faite par J. F. Richard, 1985) qui ne sont pas les mêmes dans les pays développés des régions tempérées et dans les pays en développement des régions chaudes.

A la science du sol, la bibliométrie va apporter une certaine dimension sociologique. En effet, elle va mettre en évidence le comportement des communautés scientifiques et l'importance de leurs efforts ou de leurs succès. Cette nouvelle dimension vient compléter le dessin, que l'on tente d'élaborer progressivement, d'un réseau d'analyses centrées sur la science du sol : analyses historiques, épistémologiques ou, plus généralement, transdisciplinaires (voir notamment : Y. Chatelin et G. Riou, éd., *Milieux et Paysages*, Masson, 1986). Poursuivie depuis de nombreuses années, cette entreprise doit concourir à définir (dans les limites du cas étudié, celui de la science du sol) les conditions, internes et externes, d'une recherche scientifique fortement autocentrée. En d'autres termes, le travail bibliométrique qui va être présenté n'est pas isolé, il s'articule à une démarche d'ensemble.

Nous avons signalé notre préférence pour une science tropicaliste. Il est nécessaire de s'attarder sur ce choix, car cette question est centrale pour le développement scientifique des pays du Tiers-Monde.

Il est évident que l'autonomie ne signifie pas autarcie scientifique. Cependant, certains commentateurs considèrent que l'idée même d'une autonomie scientifique est illusoire, car la science moderne est une entreprise mondiale. Les PED doivent obligatoirement s'insérer dans les réseaux scientifiques mondiaux sous peine d'inanité. La plus évidente et immédiate conséquence de cette conception est que les chercheurs des PED doivent écrire de préférence en anglais pour la communauté scientifique qui est internationale (par définition), dans des revues internationales. Le prix de cette décision est de s'en remettre aux « gate-keepers » des revues « internationales », qui sont pour la plupart américaines. Il faut donc non seulement écrire en anglais mais aussi connaître la revue en question, choisir un style convenant à son public, parfois payer et se soumettre à l'arbitrage des « referees » que choisira l'éditeur scientifique. Il y a donc là, d'une part, un coût relativement élevé qu'il faut payer (maîtrise de l'anglais, accès aux revues) et la soumission à un système d'évaluation étranger. Evidemment, les partisans de cette position signalent que la science comporte nécessairement des risques et des coûts et que puisque la science est universelle il n'y a pas lieu de distinguer les « pairs » étrangers des pairs compatriotes : tous sont là au titre de leur compétence professionnelle.

Une autre position — celle que nous voulons défendre — consiste à signaler que l'universalité de la connaissance n'est pas l'enjeu principal de ce débat. La science dépend des conditions économiques et sociales, car elle est une *activité culturelle*. Elle est liée à cet environnement naturel et social, d'autant plus si son objet d'étude est localisé dans l'espace, cas de la quasi-totalité des sciences liées à l'agriculture. La connaissance qu'il faut maîtriser sur la fertilisation des sols du Para n'est pas nécessairement intéressante pour le spécialiste en fertilisation des climats tempérés. Il y a là une information scientifique qui ne circulera pas selon l'axe traditionnel Nord - Sud. Plus important encore, cette information a de très grandes chances d'être publiée localement, et d'être écrite par conséquent dans une langue autre que l'anglais. Les « pairs » scientifiques, en ce cas, ne seront pas les mêmes aux USA et au Kenya.

Si tous peuvent être à peu près d'accord sur cette position du problème, il faut signaler que c'est là une acceptation très récente. Jusqu'à présent la science du Tiers-Monde était l'objet d'une certaine condescendance. Même les chercheurs des pays développés travaillant dans le Tiers-Monde subissent — en partie — cette disqualification (voir Goudineau, 1986). Toute publication nationale venant « de ces pays-là » était immédiatement classée comme secondaire en termes de qualité. Il a fallu que la science mondiale croisse et déborde les frontières des pays industrialisés pour qu'elle ait aussi droit de cité dans les revues du « Centre ». En conclusion, nous proposerons une orientation politique nécessaire pour casser cette dynamique vicieuse « Centre-Périphérie » qui assimile toute la production de la Périphérie à une production de mauvaise qualité. Pour le moment, nous nous contenterons de signaler qu'il est urgent de faire des études sur les communautés scientifiques du Tiers-Monde qui prennent en compte la spécificité écologique et sociale de chaque pays.

Cependant, la science du Tiers-Monde ne se construit pas à partir de rien. Il y a depuis de nombreuses années des chercheurs des pays développés qui travaillent sur, dans ou avec les PED. Leur production est une ressource pour les pays dans lesquels ils travaillent. D'ailleurs, il y a de fortes chances pour que leur production soit publiée dans des revues nationales, donc moins visible internationalement que la production de leurs collègues travaillant sous d'autres latitudes. C'est pour cette raison qu'il nous semble important d'examiner non pas la seule science produite par les chercheurs des PED, mais aussi celle provenant de chercheurs originaires des pays développés. En un mot, *il est important de connaître la science disponible pour le Tiers-Monde.*

Il est essentiel également de pénétrer *les contenus scientifiques*, d'établir une sorte de cartographie interne de la recherche, et d'identifier les noyaux thématiques importants. *La confrontation avec la recherche internationale* reste une nécessité. Si l'on se préoccupe d'une certaine communauté scientifique, il faudra pouvoir comparer ses orientations scientifiques avec celles d'autres pays. Indépendance scientifique ne doit pas signifier insularisation (appelée aussi « inbreeding » par Velho et Krige, 1984). Tout au long de notre travail, nous tenterons de montrer comment se résoud cette « tension essentielle » qui existe entre le pôle international et la nécessité nationale. Nous avons déjà abordé ce thème sous l'aspect des « dominations scientifiques » dans une publication facilement accessible (Y. Chatelin et R. Arvanitis, éd., *Pratiques et politiques scientifiques : actes du Forum de février 1984*, Editions de l'ORSTOM).

La méthode bibliométrique

Le signe le plus évident de la science réside dans *les publications des chercheurs*. Nous ne prétendons pas que toute la science est contenue dans les publications, ni même que ce sont là les seuls moyens de communiquer les résultats scientifiques. Mais l'analyse des publications, la bibliométrie, apporte un moyen de pénétrer dans ce système devenu trop complexe que sont l'ensemble des activités scientifiques. Très souvent, l'aspect quantitatif prime : la bibliométrie n'est alors que l'étude statistique du nombre de publications faites par des chercheurs, ou des laboratoires donnés, dans telle ou telle revue, tel ou tel pays, en telle ou telle langue. Nous verrons plus loin que cet aspect strictement quantitatif, qui en lui seul apporte déjà bon nombre de renseignements utiles, peut être complété par des analyses thématiques qualitatives. On peut aller jusqu'à se servir de la bibliométrie pour identifier soit les équipes de chercheurs qui paraissent « en pointe », soit (ce qui est encore mieux) pour *définir en termes scientifiques les thèmes sur lesquels travaillent ces équipes*. C'est dans cette dernière direction qu'a été conduite l'étude présentée dans notre ouvrage.

Il est facile d'imaginer tout ce que la bibliométrie ainsi comprise peut apporter à la connaissance générale de l'entreprise scientifique, et plus particulièrement l'utilité qu'elle peut avoir pour les organismes de gestion et de programmation de la recherche. Deux remarques sont maintenant nécessaires. La première est que la bibliométrie s'applique à *des communautés scientifiques larges*. Elle s'adapte particulièrement bien aux niveaux national et international. Pour l'évaluation d'un chercheur, ou de quelques chercheurs seulement, les méthodes classiques (examen des dossiers, entretiens, etc.) conviennent bien (encore qu'elles présentent des difficultés et des risques). La bibliométrie relaie ces

méthodes classiques d'évaluation, lorsqu'il s'agit de passer à un ordre de grandeur qui leur échappe. La deuxième remarque à faire est que la bibliométrie n'est pas une panacée. Bien au contraire, elle peut être la source de distorsions dangereuses. En fait, *chaque communauté scientifique doit faire l'objet d'une étude pour elle-même*. On montrera plus loin que la vision que l'on a donnée de la recherche concernant les pays en développement a été sensiblement faussée dans certaines analyses bibliométriques. La problématique adoptée ici sera fondamentalement centrée sur les pays en développement et sur leurs intérêts propres.

La bibliométrie est peu connue en France et dans les pays francophones des régions chaudes. Elle est encore une affaire anglo-saxonne, principalement américaine. Nous rappellerons rapidement son histoire, ce qui permettra de mieux comprendre les orientations que nous avons prises.

C'est au début du siècle que l'on a commencé à se préoccuper des difficultés causées par la croissance de la littérature scientifique, et que l'on a créé les premières bases documentaires. Pendant longtemps, le travail réalisé a consisté à constituer des fichiers et surtout à éditer des bulletins bibliographiques, dont la formule reste toujours en usage. On comprendra facilement que l'informatisation a introduit par la suite une véritable révolution dans les techniques documentaires et que c'est elle qui a permis la naissance de la bibliométrie.

L'organisme qui a piloté cette révolution et la naissance de la bibliométrie est incontestablement l'« Institute for Scientific Information » ou ISI, situé à Philadelphie aux USA, et dont tous les scientifiques connaissent au moins les bulletins bibliographiques dénommés *Current Contents*. En plusieurs textes publiés par ces *Current Contents*, le président de l'ISI, Eugene Garfield (1979, 1983), a donné de très bonnes descriptions de la structure et du fonctionnement de la base informatique créée par son institut. Le lecteur trouvera la référence de ces textes dans la liste bibliographique de la fin de notre ouvrage.

En fait, la base informatique de l'ISI est relativement compliquée, nous ne décrirons rapidement que ce qui concerne notre propos. Son élément essentiel est le *Source Index* : c'est là que sont mémorisées les références sous leur forme la plus complète, l'accès se faisant par les noms des auteurs. Il existe des index (au sens informatique) associés au précédent, à partir desquels peuvent se faire les recherches. Par retour au *Source Index*, l'utilisateur obtient les références complètes, s'il le désire. Le *Permuterm Subject Index* est analogue à ce qu'on appelle, dans les bases françaises, l'indexation par les mots clés ; mais dans le cas de l'ISI, il n'y a pas de mots clés attribués par des documentalistes, et ce sont les mots importants du titre des publications qui sont utilisés. Le *Corporate Index* fait référence aux pays, institutions et laboratoires où ont été réalisées les études publiées. Il permet donc de donner très facilement des estimations quantitatives des efforts de recherche faits par différents pays, ce qui est un aspect important de la bibliométrie. Enfin et surtout, le *Science Citation Index* ou SCI est un répertoire des citations d'une publication donnée, qui sont faites dans l'ensemble de la littérature utilisée par l'ISI. En d'autres termes, il devient possible de quantifier l'audience acquise par un certain auteur, de dire combien de fois ses travaux ont été cités dans les bibliographies données par d'autres auteurs, ou d'indiquer que ses travaux n'ont jamais été cités...

Il n'est pas très facile de faire un compte exact de la littérature scientifique mondiale ni même de ce que l'ISI utilise dans ses différents fichiers. En ce qui

concerne l'ISI, on trouve des chiffres qui s'appliquent au *Source Index*, ou au *Citation Index*, sans que l'on indique exactement quel rapport existe entre les deux, et ceci pour des années différentes. Une parfaite précision nous importe peu, les chiffres rencontrés s'inscrivant dans une fourchette étroite. Nous retiendrons donc qu'il y a, paraît-il, de l'ordre de 70 000 revues scientifiques dans le monde. En 1973, le *Science Citation Index* exploitait environ 2 500 revues, qui publiaient alors annuellement de l'ordre de 350 000 articles. Dix ans plus tard, le premier chiffre est passé à 3 200, le second à 600 000. On ne peut que souligner la disproportion considérable qui existe entre l'ensemble de l'édition scientifique et ce qui est retenu dans les fichiers de l'« Institute for Scientific Information ». Lorsque l'on entre dans le détail, cette disproportion prend une allure vraiment troublante. On a fait remarquer par exemple que le Brésil possède 149 périodiques scientifiques : il n'y a que quatre d'entre eux à être dépouillés par l'ISI au cours de l'année 1981 (L. Velho et J. Krige, 1984). L'Argentine et le Mexique n'étaient représentés, pour l'année 1980, que par quatre et trois revues respectivement (Roche et Freitas, 1982). Pour donner un ordre de grandeur de la sous-estimation portant sur un petit pays, nous prendrons le cas du Venezuela. Un décompte exhaustif effectué en 1981 montrait qu'il y avait cent cinquante-deux revues scientifiques nationales ; seules deux étaient retenues par l'ISI.

D'une façon plus large, il y aurait à peine plus de 2 % des revues traitées par l'ISI qui soient éditées dans les pays en développement (Inde et Brésil compris). L'édition française elle-même est défavorisée, et avec elle toutes les éditions employant d'autres langues (allemand, russe, japonais, etc.) que l'anglais. Dans ces conditions, on ne s'étonne pas d'apprendre que les journaux américains publient 48 % des articles recensés par l'ISI, et que ces articles sont crédités de 60 % des citations (E. Garfield, 1983).

Aucune base documentaire ne peut prétendre saisir toute la littérature scientifique mondiale, et les meilleures d'entre elles se contentent d'être aussi exhaustives que possible, dans un domaine scientifique limité. Devant la profusion des revues, il faut de toute manière faire un choix : la moyenne d'âge des nouvelles revues n'est que de deux ans, après six ans il n'en reste qu'une sur cinq (Arends, 1973). Il est donc normal que l'ISI, qui couvre tous les domaines scientifiques (comme bien d'autres bases aussi), pratique une sélection importante. Mais ce qui a fait problème, c'est que *la bibliométrie actuelle est essentiellement issue d'une base documentaire fortement sélective*. Les auteurs du *Citation Index* n'ont pas tardé à dire, assez brutalement, que seul compte un petit nombre de publications scientifiques. Le reste n'aurait pas d'audience, et donc pas d'importance, à supposer qu'il fût pourtant de bonne qualité scientifique. C'est ce qui s'exprime par *la notion de « mainstream »*, dont on peut dire qu'elle a envahi tous les discours récents concernant la science et surtout la publication scientifique.

Ainsi que le dit C. H. Davis (1983), le « mainstream » scientifique est considéré comme la partie de la science la plus utilisée mondialement, *la plus visible*, la plus fréquemment citée. Ce terme a en fait été forgé par J. Davidson Frame dans un article intitulé « Mainstream Research in Latin America and the Caribbean » (1977). Mais, contrairement à la volonté de son auteur, ce terme sert aujourd'hui à qualifier la production contenue dans la base de l'ISI. Son emploi signale un ensemble de publications « centrales » (mainstream) par oppo-

sition à une production périphérique. Il y a là un jugement de valeur implicite qui est dommageable aussi bien pour les PED que pour la bibliométrie. Ce qui est grave est que le SCI est aujourd'hui proposé par son promoteur, Eugène Garfield, comme un instrument pour suivre les carrières, évaluer les individus, attribuer les promotions. Si ce n'est pas encore le cas, la tentation est grande. Car dès à présent le SCI est utilisé pour évaluer la production de telle ou telle nation. Eugène Garfield a donné le ton en publiant dans la revue *La Recherche* un texte intitulé « La recherche française est-elle trop provinciale ? » (1976).

Mainstream et Tiers-Monde

Le problème des pays en développement n'a pas échappé aux auteurs qui ont fait les premiers de la bibliométrie. Bien au contraire, d'assez nombreuses études réalisées sur les fichiers de l'ISI ont essayé d'apprécier la situation des PED. Les principaux travaux publiés sont ceux de J. D. Frame, M. J. Moravcsik, E. Garfield, C. H. Davis (voir la bibliographie). Pour l'essentiel, ces études tentent de mesurer le potentiel scientifique des pays en développement, en quantité de publications, par comparaison avec ce que produisent les pays industrialisés, et par comparaison entre les PED eux-mêmes.

Le nombre des publications est réparti selon les domaines de recherche, il est mis en relation avec la population de chaque pays, avec ses revenus monétaires. Ainsi peut être dessinée la carte des inégalités à l'échelle mondiale. Chiffres à l'appui (« indice de Gini »), J. D. Frame et al. (1977) établissent que les inégalités scientifiques sont plus grandes que les inégalités monétaires, plus grandes que les inégalités de la distribution des terres, etc. Autre approche extrêmement intéressante (toujours de Frame et al.), il est possible d'établir un coefficient de similitude dans la distribution des thèmes de recherche, pays par pays. On apprend ainsi, par exemple, que le coefficient de similitude Inde - URSS atteint 0,91, alors qu'il n'est que de 0,19 pour Inde - USA. On découvre encore que les anciennes colonies britanniques ont de fortes similitudes entre elles. Le Nigeria a une distribution de ses thèmes de recherche proche de celle des Etats-Unis, de la Grande-Bretagne et du Danemark, mais très éloignée de celle de l'URSS, etc.

De son côté, E. Garfield (1983) a proposé une cartographie scientifique du Tiers-Monde. Cependant, la faible représentativité de ces pays dans la base explique des résultats qui parfois ne manquent pas de saveur. On découvre ainsi que le pays du Tiers-Monde qui a le plus d'impact (nombre de citations rapporté au nombre de publications) est le Liberia... Il est suivi par la Jamaïque, puis par la Thaïlande. Tous pays confondus, l'Inde et le Brésil occupent par leurs très faibles impacts internationaux des positions qu'il vaut mieux taire... Enfin, s'il pouvait y avoir le moindre doute sur ces questions, E. Garfield nous apprend ceci : 92 % des articles produits par les pays du Tiers-Monde sont écrits en anglais, 35 % sont publiés dans leurs propres journaux contre 65 % dans des revues étrangères, et bien entendu les USA publient plus d'articles provenant du Tiers-Monde que n'importe quel autre pays.

Tout cela a fini par provoquer des réactions assez violentes, en Amérique latine, en France, au Canada (voir C. T. Bishop, 1977), et sans doute ailleurs aussi. Il est devenu parfaitement évident que le panorama scientifique mondial issu des fichiers de l'ISI est complètement biaisé. Le plus grave est l'état d'esprit

créé par les premiers travaux de bibliométrie, qui ont persuadé beaucoup de chercheurs ou de responsables de la recherche que, hors du « mainstream », il n'y a pas de salut. Des auteurs comme Y. M. Rabkin et H. Inhaber (1979) ont reconnu les déformations produites : « The tools we used clearly biased in favour of central nations. » Mais lorsqu'ils prétendent : « Because there has not been developed a better tool for evaluating world science, we had to use those sources », ils n'ont cette fois plus tout à fait raison. La bibliométrie peut suivre d'autres voies, ainsi que nous le verrons maintenant.

Nous mentionnerons tout d'abord le travail réalisé par C. H. Davis (1983). La base utilisée est toujours celle de l'ISI, complétée par le WIPIS (« Who is Publishing in Science ? ») qui permet de localiser les auteurs. Ce qui donne de la valeur à la démarche de C. H. Davis, c'est qu'elle est comparative et que, au lieu d'assembler dans une même analyse ce qui n'est pas comparable (science des pays avancés et science des pays en développement), elle est appliquée au groupe relativement homogène des trente-six pays africains du sud du Sahara. On peut admettre que le « mainstream » ne pénalise pas l'un de ces pays beaucoup plus que l'autre, encore que la question linguistique joue toujours au détriment des non-anglophones. Pour les pays africains de langue anglaise, les conclusions de C. H. Davis sont certainement pertinentes. L'auteur a orienté principalement son analyse sur les institutions. L'enquête montre notamment, pour la période 1970-1979, la montée de la recherche universitaire et le déclin scientifique relatif des instituts de recherche (au sens large). En dehors des universités se manifestent le rôle croissant de la recherche internationale, le déclin progressif du secteur bilatéral, comme du secteur régional interafricain.

La grande limitation du travail de C. H. Davis intervient lorsque se pose la question linguistique. On comprend que, une fois de plus, les fichiers de l'ISI sont pauvres en références de langue française. Les pays africains ont été rangés par ordre de production scientifique décroissante. Les six premiers sont anglophones (Nigeria, Kenya, Ghana, Uganda, Zambie, Tanzanie), ce n'est qu'ensuite qu'apparaissent les deux premiers pays francophones (Côte d'Ivoire, Sénégal). Il est d'ailleurs probable que la distribution entre recherche universitaire et recherche des institutions spécialisées soit fortement différente entre pays anglophones et francophones. Trois chiffres vont résumer très brutalement les résultats obtenus. Pour l'ensemble de l'Afrique du sud du Sahara, 65 % des publications proviendraient des universités, 35 % de l'ensemble des institutions de toutes sortes (nationales, régionales, bilatérales, internationales, privées). La recherche française (ORSTOM et GERDAT) n'atteint que 6,7 %. Quant au Liberia, il retrouve une place qui semble assez vraisemblable (malgré le haut impact scientifique que lui a attribué E. Garfield) : il se classe 26^e sur 34. Malgré les limitations que nous venons de souligner, il est peu douteux qu'une telle étude intéresse les responsables de la recherche scientifique dans les pays d'Afrique.

Avec le travail de M. Jagodzinski-Sigogneau et de B. Latour (1980, 1983), nous découvrons également une autre approche qui peut servir les pays en développement. Cette fois, la base documentaire utilisée est française et non plus américaine. Il s'agit de la base Pascal, dont nous reparlerons bientôt. Le rôle de l'anglais (qui dépasse 90 % pour E. Garfield) tombe à 70 %. Le domaine étudié est celui des sciences de la vie, à l'échelle mondiale. Les auteurs portent ensuite leur attention sur certains pays en développement : quatorze d'entre eux ont été retenus, huit en Afrique et six en Amérique latine. Les publications qui les

concernent sont comptabilisées selon qu'elles ont été réalisées soit par un laboratoire national, soit par un laboratoire appartenant à un des cinq pays avancés qui suivent : France, USA, URSS, Grande-Bretagne, Allemagne de l'Ouest. Pour donner des exemples qui aient une valeur d'ensemble, indiquons qu'il apparaît selon cette enquête que les pays d'Amérique latine réalisent eux-mêmes 57 % des études qui les concernent, les pays d'Afrique 66 %, le reste étant évidemment l'œuvre des pays développés. A partir de cette analyse, les auteurs posent la question du degré d'indépendance d'un système de recherche.

Ce qui nous semble important, c'est de signaler qu'il faut entreprendre *une évaluation des bases de données utilisées pour la bibliométrie des PED*. Comme le signalent les travaux de Cagnin ou de Velho et Krige, les résultats sur la production du Tiers-Monde sont très différents si on l'étudie à partir de bases de données autres que celle de l'ISI. Evidemment, en n'employant pas cette base on perd les décomptes de citations. Mais peut-être cela vaut la peine si par ailleurs on obtient une image plus réaliste de la science dans les PED.

Mise en perspective

Le problème de la science et du développement s'inscrit nécessairement dans la longue durée, c'est-à-dire dans l'Histoire. Notre vision serait complètement tronquée si l'on tenait par exemple la Conférence de Lagos, ou toute autre circonstance d'un passé récent, comme le point de départ effectif de l'histoire scientifique des pays du Sud. Tout d'abord, de façon peut-être indirecte mais non moins réelle, ces pays ont toujours été liés à l'entreprise scientifique mondiale (voir par exemple L. H. Brockway, 1979, L. Busch et Sachs, 1981). D'autre part, les expériences passées projettent sur l'avenir une possibilité de compréhension ou de prévision (voir Y. Chatelin, revue *Tiers-Monde*, 1986). En tout état de cause, la bibliométrie (puisque c'est elle qui nous occupe) doit s'insérer dans une perspective d'ensemble.

C'est probablement George Basalla (1967) qui a, pour la première fois, essayé d'analyser la place des pays en développement dans l'histoire de la science. La problématique qu'il expose est celle de l'extension scientifique (« The spread of Western science »), à partir d'un foyer primitif, vers de nouvelles nations. Le foyer primitif se trouvait en Europe aux XVI^e et XVII^e siècles. De nos jours, il est évidemment beaucoup plus centré sur l'Amérique du Nord, mais les processus de la transplantation scientifique peuvent rester fondamentalement les mêmes. A travers l'analyse de Basalla, on prend notamment conscience du fait que des pays comme les USA ou la Russie, à une certaine période, ont eu une situation dépendante, en position de « périphérie » par rapport aux métropoles scientifiques du moment, qui n'est pas sans analogie avec celle occupée aujourd'hui par des pays comme l'Inde ou le Brésil.

G. Basalla a proposé un « modèle » du développement scientifique des pays périphériques. Dans une première phase, ceux-ci ont été (ou sont) ce que nous pourrions appeler des « pays-objets », c'est-à-dire une source, un terrain, pour les scientifiques des grandes métropoles. La deuxième phase est définie par G. Basalla comme celle de la « science coloniale ». Cela n'implique pas une colonisation dans tous les sens du terme ; dans des pays périphériques (pouvant être politiquement indépendants) les scientifiques sont tributaires de puissantes communautés scientifiques extérieures. Au cours de la troisième phase, la trans-

plantation de la science s'achève, il se forme une tradition ou une culture devenue indépendante. Ce modèle d'évolution est relativement théorique, mais il nous semble bien représenter ce qui s'est passé au cours des quelques siècles que compte l'histoire de la science. Certains auteurs l'adoptent pour décrire et interpréter l'histoire scientifique d'un pays (cas de l'Australie, traité par I. Inkster, 1985). D'autres ont voulu réviser ou améliorer le modèle, en cherchant à identifier l'évolution de la science dans les pays en développement (Price, 1970 ; Carvajal et Lomnitz, s.d.). Ces travaux ont tous le mérite d'attirer l'attention sur les contenus scientifiques, sur la relation entre les caractéristiques « cognitives » (internes) et « sociales » (externes).

Le thème de la tension entre le niveau national et international est bien illustré par cette anecdote que rapporte Basalla. Elle concerne Louis Agassiz, géologue et paléontologue notoire du XIX^e siècle. Venu de l'Ancien Continent, Agassiz a vécu et travaillé en Amérique. Lorsqu'il a visité le Brésil en 1865, il a été frappé par l'attitude des naturalistes locaux, beaucoup plus occupés par « la bibliographie de la science étrangère » que par « la merveilleuse flore et la merveilleuse faune qui les entouraient ». Le même Agassiz critiquait aussi les mathématiciens d'Amérique du Nord, beaucoup trop accaparés par les travaux de leurs collègues anglais pour réaliser par eux-mêmes des études intéressantes. Agassiz a vécu la phase « coloniale » du développement scientifique, il a observé et compris (sur le moment, et non après coup) les phénomènes de la dépendance scientifique.

Les mêmes problèmes se sont répétés de multiples fois au cours du temps. Un historien comme George Basalla peut montrer les limites de l'idée que la science est strictement une affaire internationale. C'est en connaissance de cause qu'il peut reconnaître la nécessité de « a conscious struggle to reach an independent status ». Parmi les recommandations qu'il formule, nous retiendrons celles-ci, qui doivent marquer le passage de la deuxième à la troisième phase, c'est-à-dire le passage de la science « coloniale » à la science « indépendante ». Le scientifique doit recevoir la plus grande partie de sa formation dans son propre pays, il doit trouver dans sa propre communauté la stimulation intellectuelle, la reconnaissance de son statut de chercheur, la récompense de son travail en fonction de son mérite. Il doit aussi disposer des moyens de communiquer ses idées à ses collègues proches comme à ceux de l'extérieur, il doit trouver l'opportunité d'ouvrir de nouveaux champs scientifiques. G. Basalla fait l'analyse de tous les obstacles créés par le prestige scientifique, les langues, etc. ; et il conclut : « Despite these problems, it is important that a country struggling to create an independent scientific tradition should publish journals of science filled with the researches of its own scientists. »

UNE METHODE DE TRAVAIL

Définition du domaine

Nous avons dit plus haut qu'il sera question de *l'étude des sols des régions chaudes*. En réalité, cette expression doit être comprise dans un sens assez large. Où commence et où s'arrête l'étude du sol ? La frontière avec l'agronomie est particulièrement floue. On pourrait dire que le domaine retenu est à peu près celui qui est utilisé dans l'enseignement que l'on donne à de futurs pédologues et pédo-agronomes. D'une autre manière, nous pourrions dire que nous allons traiter non *pas un thème de recherche* précis, mais *le champ plus large* sur lequel peut se porter l'intérêt d'un chercheur en science du sol. Nous verrons plus loin quel en est le contenu, en examinant comment a été constituée la base de références bibliographiques utilisée. Il faut cependant préciser tout de suite que nous parlons d'une bibliométrie sur les études du sol par simplification de langage, cette expression ne devant pas être prise dans un sens restrictif.

Habituellement, ce domaine n'a pas été strictement identifié par d'autres auteurs dans leurs travaux sur la littérature scientifique. Les découpages retenus sont généralement beaucoup plus larges. Prenons par exemple le découpage par grands domaines scientifiques de Computer Horizons (cette entreprise de bibliométrie, dirigée par Francis Narin, gère la base bibliométrique des célèbres *Science Indicators* qui établissent tous les deux ans l'état de santé de la science et la technologie aux USA et dans le monde). Frame, Narin et Carpenter (1977) ou Carpenter et Narin (1981) distinguent, par exemple, les sciences biologiques comme l'une des huit catégories générales selon lesquelles ils partagent l'ensemble des publications. En pourcentage du total général, les pays développés (OCDE et pays de l'Europe de l'Est) y consacraient 10 % de leurs travaux, les pays en développement 13,06 %. Un intérêt plus grand pour l'agriculture dans les PED que dans les pays avancés se comprend très bien. C'était d'ailleurs ce même constat qu'obtenait Frame dans sa fameuse étude sur l'Amérique latine et les pays caraïbes (Frame, 1977). Mais l'agriculture et, plus encore, les sciences du sol ne forment qu'une partie du domaine « Biologie ».

Quelques études s'attachent plus particulièrement à identifier les sciences liées à l'agriculture. Nous mentionnerons d'abord les chiffres obtenus par Ginette Gablot (1982), au cours d'une analyse du français dans la littérature scientifique. La base documentaire utilisée est celle du CNRS (Pascal). Globalement, de 1975 à 1980, la langue française a fourni 8 % des publications mondiales. Il s'agit bien de la « langue » française, c'est-à-dire que ces chiffres représentent des travaux réalisés par des Français, par des auteurs de pays francophones, et

assez rarement par des auteurs non francophones mais ayant publié en français. En revanche, ce que des auteurs francophones publient en une autre langue est exclu de ces pourcentages. Pour la même période, selon les années, en *agronomie*, ce pourcentage s'est situé nettement au-dessus de la moyenne. *Il a varié de 12 à 18 %*. Même si ces chiffres peuvent être discutés, on peut néanmoins retenir *une position de force pour la France et les pays francophones en agronomie*.

Toujours pour *l'agronomie*, mais cette fois en ce qui concerne les pays en développement eux-mêmes (sans distinction de langue), l'estimation la plus intéressante est celle donnée par C. H. Davis (1983). Il ne s'agit que des pays africains du sud du Sahara, mais ceux-ci expriment sans doute une situation assez représentative de plusieurs PED (bien que les études comme celle de Jacques Gaillard, 1986, nous incitent à la prudence). Cette fois, le pourcentage d'études dans le domaine de l'agronomie, par rapport au total des publications scientifiques, est encore plus fort que dans le cas de la littérature de langue française. Pour la période 1970-1979, *il atteint 22,3 %*. Une importance plus grande donnée à l'agriculture dans les pays en développement que dans l'ensemble du monde nous paraît normale. Remarquons pourtant la place de l'agronomie (22,3 %), toujours pour les pays africains, par rapport à la biologie (22,4 %) et à la médecine (38,2 %). Signalons toutefois que ces chiffres s'appliquent à la production scientifique répertoriée dans les fichiers de l'ISI, dont nous avons vu les défauts plus haut. Utilisant le *Science Citation Index*, C. H. Davis montre que si l'agriculture atteint 22,3 % dans ses comptages, pour le nombre des publications elle ne retient en revanche que 14,5 % des citations.

Il est intéressant à cet égard de mentionner quelques données très significatives fournies par Eugene Garfield (1983) de l'impact scientifique du Tiers-Monde, bien que l'esprit de la démarche nous paraisse contestable. Garfield donne notamment la liste des vingt-cinq journaux scientifiques de pays développés qui donnent le plus d'impact (le plus de citations) à des articles venant du Tiers-Monde : *aucun de ces journaux ne s'intéresse aux sols et à l'agronomie*. Seule une revue de microbiologie pourrait peut-être accepter certaines études de microbiologie des sols (ce que nous n'avons pas vérifié). E. Garfield indique également quels sont les quatorze journaux du Tiers-Monde qui donnent le plus d'impact aux auteurs du Tiers-Monde eux-mêmes. Tous sont du domaine chimie-biologie-médecine. Quant aux vingt-trois articles d'auteurs du Tiers-Monde qui ont été cités le plus souvent, aucun bien entendu ne concerne les sols, les paysages ou l'agriculture.

Cette relative mise à l'écart du « mainstream », un certain isolement, une régionalisation de tout ce qui concerne les sols et l'agriculture sont caractéristiques du domaine scientifique que nous voulons étudier. Cela expliquera bien des faits qui vont apparaître plus loin. Dès à présent, soulignons cette opposition : *l'agriculture intéresse particulièrement les pays en développement mais figure en mauvaise place dans le panorama scientifique international*.

La base documentaire

Il existe un assez grand nombre de bases informatisées couvrant le domaine de l'agronomie. Certaines prennent en compte non seulement la littérature scientifique, mais aussi les programmes de recherche. Si l'on ne considère que les bases bibliographiques classiques, c'est-à-dire qui ne répertorient que des publi-

cations, trois bases principales spécialisées dans le domaine de l'agronomie retiennent immédiatement l'attention : le fichier CAB (« Commonwealth Agricultural Bureau »), base anglaise qui jouit d'une très grande réputation internationale auprès des pédologues et agronomes ; le fichier AGRIS (« International Information System for the Agricultural Sciences and Technology ») qui est l'œuvre de la FAO ; enfin, une base américaine qui est le fichier AGRICOLA (« Agricultural On Line Access ») (voir l'annexe).

A côté de ces bases qui sont spécialisées dans le domaine de l'agronomie, dont il vient d'être question, existent des bases *pluridisciplinaires* qui couvrent tous les domaines de la recherche scientifique. L'étude des sols et de l'agriculture ne constitue alors qu'une partie des fichiers. C'est notamment ce qui est réalisé dans le cadre de l'« Institute for Scientific Information » (ISI) dont il a été déjà beaucoup question dans les pages précédentes.

Nous avons choisi de travailler avec l'une de ces bases documentaires pluridisciplinaires, celle créée en France par le CNRS, que l'on appelle *la base PASCAL* (Programme Appliqué à la Sélection et à la Compilation Automatique de la Littérature). Il s'agit donc d'une base très étendue, pour laquelle sont régulièrement dépouillés de l'ordre de dix-sept mille périodiques. Les thèses françaises, les PhD américains, de nombreux livres, comptes rendus de congrès, etc., sont référenciés au même titre que les articles des publications périodiques. Le nombre de références traitées chaque année est de l'ordre de six cent mille. On peut considérer que, dans un tel ensemble, la partie correspondant à l'étude des sols et de l'agriculture est tout à fait compétitive avec ce que présentent les bases spécialisées. La base Pascal a le très grand avantage de bien prendre en compte la littérature francophone, sans excès toutefois, puisque le français ne représente que de l'ordre de 20 % de l'ensemble. Nous verrons plus loin ce qu'il en est pour le domaine sol-agriculture. Plusieurs raisons ont déterminé le choix de cette base française.

La première est que le Centre de documentation scientifique et technique (CDST) du CNRS ne restreint pas ses fonctions à un travail strictement documentaliste. Au sein du CDST a été créé un service de recherche, le SERPIA, dirigé par William Turner.

Une autre raison majeure de choisir la base Pascal tient à la nature des informations qui sont fournies. Il y a tout d'abord les données classiques pour un système documentaire, qui peuvent suffire à la recherche des documents. Les références bibliographiques indiquent le *titre* (et sa traduction française si la publication est écrite dans une langue étrangère), le *nom ou les noms des auteurs*, la *revue*, ou la maison d'édition lorsqu'il s'agit d'un livre. Ce sont les mêmes renseignements que l'on trouve dans les listes bibliographiques des publications scientifiques. Mais d'autres critères, que fournit aussi la base Pascal, sont indispensables à un travail bibliométrique.

Il y a tout d'abord l'*affiliation de l'auteur* (lorsqu'il est unique), ou du premier auteur (s'il y en a plusieurs). L'affiliation indique l'université ou l'institution scientifique auquel appartient l'auteur, et le pays où se trouve cette université ou institution. Il en est de même pour la revue (ou maison d'édition), dont le pays d'appartenance est indiqué. Avec la langue de publication (définie par le titre), les noms du laboratoire et du pays où a été réalisée la recherche, les noms de la revue et du pays où est faite la publication, on dispose déjà de beaucoup

d'éléments pour définir les traits d'ensemble de *la géopolitique scientifique*, c'est-à-dire pour analyser la distribution mondiale de la production scientifique.

On peut regretter que l'affiliation des coauteurs ne soit pas mentionnée. L'utilisation du SCI et de *Who is Publishing in Science* permet de retrouver l'affiliation de tous les auteurs. Si cela était le cas dans notre étude, l'analyse bibliométrique aurait été compliquée sans peut-être apporter beaucoup de renseignements nouveaux. Pour une étude très fine de l'association des auteurs dans la publication scientifique, il faudrait aussi (ce qui est impossible à partir de n'importe quelle base documentaire) prendre en compte les rapports de force qui s'établissent entre eux. Ce n'est pas du tout la même chose que d'associer dans une publication un collègue de travail effectif, un aide technique, un patron de thèse, un ami avec qui l'on collabore occasionnellement. Aussi nous tiendrons seulement compte statistiquement du nombre des auteurs, comme d'un indice global du travail en équipe, mais chaque étude sera attribuée au laboratoire et au pays de son auteur principal.

La base Pascal référence généralement très bien les publications sans périodicité. Dans la suite de notre travail, une attention particulière sera portée à toutes les rencontres scientifiques (colloques, congrès, séminaires, etc.). Ces formes actuelles de la communication scientifique se développent considérablement, et jusqu'à présent ne sont jamais identifiées et comptabilisées séparément dans les études bibliométriques. La base Pascal nous permettra de le faire. Elle indique l'intitulé des colloques ou congrès, leur date, l'année, le pays, leur mode de publication.

Enfin et surtout, dans la base Pascal *toutes les références sont indexées*. Chaque publication est caractérisée par un certain nombre de *mots clés*, et parfois par un *résumé*. Cela constitue un avantage extraordinaire pour le chercheur qui veut trouver de la documentation sur son sujet de travail, et qui peut procéder à une interrogation informatique. L'indexation est encore plus essentielle pour une étude bibliométrique qui veut aller au-delà des comptages routiniers par auteurs et pays. C'est elle qui permet l'analyse thématique fine, l'un des points forts de l'activité du SERPIA, et qui fera ici l'objet du chapitre VI. Ajoutons que les mots clés complètent très utilement les titres. C'est souvent par eux que l'on découvre sur quel pays ou quelle zone écologique porte une étude donnée. Ils permettent aussi d'introduire de nouveaux critères pour classer les publications, ainsi que nous le verrons plus loin. Les mots clés permettent donc d'obtenir un corpus de publication beaucoup plus conforme à la réalité de la production scientifique que ce que l'on obtient par des tris effectués uniquement sur l'affiliation des auteurs.

Thèmes et période

La méthode généralement employée dans les études bibliométriques consiste à procéder dès le départ à des interrogations informatiques. Si toute la base documentaire ne doit pas être utilisée, on effectue un tri, soit par les pays d'affiliation des auteurs (c'est de loin le cas le plus fréquent), soit par les mots clés (lorsqu'ils existent) ou par les mots importants du titre. Ainsi, avec les fichiers de l'ISI, la sélection serait faite par le *Corporate Index* dans le premier cas (affiliation des auteurs), par le *Permuterm Subject Index* dans le second (mots

du titre). Nous avons procédé d'une autre manière, que nous allons maintenant exposer.

La base Pascal donne lieu à l'édition d'une série de bulletins signalétiques. Ces bulletins réalisent déjà un premier découpage thématique, très large bien entendu. Chaque bulletin propose ensuite un plan de classement, qui affine ce découpage. En consultant les différents bulletins et leurs classements internes, le lecteur peut sélectionner les rubriques dont l'ensemble va définir son propre champ d'intérêt scientifique. C'est exactement comme cela que les usagers dépouillent les bulletins, à la recherche de la documentation qui leur est nécessaire. Nous avons procédé de même.

Le champ d'intérêt scientifique que nous avons constitué est centré sur *la notion de sol*. Il a été très facile à constituer, puisqu'il correspond à ce que l'un des auteurs du présent ouvrage avait personnellement l'habitude de consulter. Le champ retenu est incomparablement plus large que celui sur lequel un chercheur ou même une équipe de chercheurs peuvent travailler. On peut le définir, ainsi que cela a été dit plus haut, comme un domaine d'intérêt, ou de possibilité de compréhension, ou encore comme un domaine d'enseignement dans lequel sont formés pédologues et pédo-agronomes avant leur spécialisation.

Le contenu de ce champ d'intérêt scientifique est indiqué en détail dans l'annexe, tel qu'il se présentait dans les bulletins consultés. Avec un intitulé simplifié et un code analogue à celui des derniers bulletins signalétiques du CNRS, voici la liste des rubriques que nous utiliserons notamment dans les chapitres III et IV.

TABLEAU 2-1

Liste des rubriques du domaine « Sols et Agriculture des régions chaudes »

C01	Géomorphologie
C03	Sols
A01	Comptes rendus généraux, rapports d'activité, congrès, ouvrages, bibliographies
A03	Téledétection
B01-2	Sols, agronomie générale, généralités et méthodes d'analyse
B03-4	Cartographie et classification des sols, pédogénèse
B05-A	Physicochimie du sol
B05-B	Matière organique
B06-A	Propriétés physiques
B06-B	Dynamique de l'eau
B07	Microbiologie des sols
B08	Fertilisation minérale et organique, amendements
B08-F	Utilisation des déchets
B09	Substrats artificiels
B10	Relations sol-plante
B11	Conservation des sols, érosion
B12	Potentialités, aménagement du territoire
B14	Pollution du sol

Ces rubriques vont nous permettre *une analyse thématique très générale*. Rappelons que pour *une analyse thématique fine* de tout autres méthodes seront employées (voir le chapitre VI).

Il faut préciser également la période sur laquelle va porter notre travail. L'idée de départ était de faire *la bibliométrie d'une année d'étude des sols des régions chaudes*. C'est l'année 1983 qui a été retenue, pour diverses raisons. En effet, nous étudierons, au chapitre V, une communauté scientifique particulière; tous les documents concernant cette communauté scientifique ont été mis à jour, ainsi que cela sera dit plus loin, au cours de l'année 1983, et il était indispensable d'arrêter notre étude à cette date. Ainsi y a-t-il une certaine unité au niveau chronologique entre les diverses années utilisées dans notre travail.

Sélection et codage

Pour comprendre les problèmes que pose l'utilisation d'une base documentaire à des fins bibliométriques, le plus simple est de donner quelques exemples. Voici donc trois références, issues de la base Pascal et transcrites à partir d'un bulletin signalétique (ci-dessous et page suivante).

Zur Rolle des Phosphors in der lateritischen Verwitterung. (Le rôle du phosphore dans l'altération latéritique)

SCHWAB (R. G.), OLIVEIRA (N. P. d.). (Univ., Inst. geol. mineral, Erlangen 8520, DEU).

Zentralbl. Geol. Paläontol., Teil 1, ISSN 0340-5109, DEU, (1981), n° 3-4, 419-436, abs. eng/por, bibl. (30 ref.), 13 anal., 8 tabl. (Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. 7/1980. Heidelberg)

Ultrabasite, Antécambrien, Latéritisation, Profil sol, Phosphate, Kaolinite, Croûte ferrugineuse, Analyse chimique, Analyse mineurs, Concentration, Mobilité, Bauxite, Maranhao, Para.

Ces références sont parfaitement constituées, pour une recherche de l'information scientifique. Elles définissent très bien les sujets traités, la lecture du titre et des mots clés précise le terrain des deux premières études, la méthode expérimentale de la troisième. On peut noter au passage l'association d'un Allemand et d'un Brésilien dans la première. De telles références ne pourront pas échapper à un spécialiste recherchant sa documentation dans le bulletin signalétique correspondant. Si la recherche est faite par interrogation informatique, pour un domaine précis (par exemple la faune des sols tropicaux, ou l'altération des roches ultrabasiques), elles seront également identifiées.

En revanche, il est parfaitement évident que les références données en exemple ne seraient pas extraites par une interrogation informatique concernant les sols des pays en développement. L'affiliation des auteurs indique des pays développés, les mots clés ne font pas apparaître de noms de pays en développement. Les mots utilisés dans les titres ne sont pas interrogeables, et même s'ils l'étaient seule une référence (la deuxième) sur les trois serait identifiée. Les deux autres, telles qu'elles sont constituées, échapperaient inévitablement.

Problems in reclaiming and managing tidal lands of Sumatra, Kalimantan, Indonesia. (Problèmes de la récupération et de l'aménagement des zones de marais côtiers de Sumatra et Kalimantan, Indonésie)

VAN DEN EELAART (L. J.). (Euroconsult, Arnhem, NLD)

Pulb.-int. inst. land reclam. improv., ISSN 0165-165X, NLD, (1982), n° 31, 272-290, bibl. (1 p.).

(Bangkok symposium on acide sulfate soils. International symposium. 2/1981. Bangkok).

Sol, Entisol, Composition acide, Marais littoral, Utilisation terrain, Aménagement sol, Drainage terrain, Sumatra, Kalimantan.

Quelques aspects de l'action des termites du sol sur les argiles.

BOYER (P.). (Univ. Paris VII, lab. écologie sols, écologie appliquée, Paris 75221, FRA).

Clay miner., ISSN 0009-8558, GBR, (1982), 17, n° 4, 453-462, abs. fre/ger/spa, bibl. (7 réf.).

Sol, Action biogène, Argile, Argile minéral, Transformation.

Pour obtenir de la base Pascal tout ce qui concerne le monde en développement, par voie informatisée, il faut faire porter les interrogations sur les pays. Lorsque l'affiliation de l'auteur indique un pays en développement, la référence sera sélectionnée. Mais il y a un bon nombre de cas où cette affiliation n'est pas notée et où la référence échappe. Lorsque l'affiliation de l'auteur n'indique pas un pays en développement, il faut rechercher le nom d'un de ces pays dans les mots clés. Très souvent cette recherche échoue également : le domaine d'application des études scientifiques n'est en effet pas toujours strictement localisé à une nation. C'est pour cette raison que les mots clés donnent fréquemment, au lieu du nom d'un pays précis, quantités d'expressions qui font référence à des groupes de pays, des ensembles régionaux. On trouve par exemple « Pays en développement », « Afrique », « Région méditerranéenne », « Zone tropicale », « Delta du Nil », « Sahara », « Kalimantan », « Nouvelles Galles du Sud », etc. Une étude sur le Sahara peut concerner l'Algérie, le Niger, le Mali, etc.

Dans beaucoup d'autres cas, il n'y a plus d'indication géographique définie à donner, et les mots clés précisent par exemple le type de sol : « Sol ferrallitique », « Entisol », « Vertisol », etc. Il ne s'agit là que de quelques exemples ; il y a dans les mots clés une grande quantité de descripteurs, dont beaucoup posent problème dans une enquête bibliométrique. Si l'on voulait par exemple retenir « Région méditerranéenne », il est évident que l'on mélangerait les pays de l'Europe méditerranéenne avec ceux de l'Afrique du Nord. Les noms donnés aux sols varient selon l'école à laquelle se rattache le pédologue qui les nomme. Le « sol ferrallitique » de l'un sera pour l'autre un « oxisol » ou un « ultisol ». Mais si pour le pédologue français le sol ferrallitique est toujours localisé dans une des régions chaudes du globe, le pédologue américain identifie des oxisols non seulement en Afrique ou en Asie, mais aussi aux Etats-Unis. Tout cela est

d'une complexité considérable. On comprend la difficulté du travail d'indexation et l'impossibilité de combiner tous les descripteurs nécessaires dans une interrogation automatisée qui garantisse l'exhaustivité.

Une chose nous paraît certaine : que ce soit avec la base Pascal ou avec une autre, *toute la littérature concernant les sols et l'agriculture des pays en développement ne peut pas être obtenue par interrogation informatique*. Une sous-estimation particulièrement importante affecte les recherches réalisées pour le Tiers-Monde dans les pays développés, recherches d'ailleurs souvent faites en collaboration (cas de la première référence donnée, par exemple). Nous ne prétendons pas que les interrogations informatiques doivent être systématiquement rejetées. On peut s'en servir, par exemple, pour obtenir des valeurs relatives, d'une année par rapport à l'autre. Ce type d'interrogation est également valable pour certains critères précis, comme celui de la langue de publication, par exemple, ou pour faire des comptages portant sur les revues, etc. Mais il ne faut pas poser par l'informatique la question trop compliquée de faire le partage entre la science mondiale et la science qui, d'une manière ou d'une autre, appartient au Tiers-Monde. Cela n'aboutit qu'à fausser l'image de la science ; nous reviendrons sur cette question plus loin.

Afin d'éviter ces difficultés, *nous avons procédé par sélection manuelle* (peut-être conviendrait-il mieux de parler de sélection visuelle). Cela signifie que les références ont été sélectionnées à la lecture soit des bulletins signalétiques 226 et 381 de l'année 1983, soit du numéro spécial 1983/1984, soit du listing composé des références qui, appartenant à la base Pascal, n'avaient pas été incluses dans le bulletin 226. En réalité, le travail a été conduit en plusieurs étapes, et l'on peut considérer qu'il y a eu au moins deux lectures complètes successives. Il est permis de penser que les erreurs ou omissions sont rares. Tout ce qui concerne sols et agriculture des pays en développement, et plus généralement des régions chaudes du globe, a été retenu. Nous verrons plus loin ce que signifie cette sélection au point de vue géographique.

Au total, *2 040 références bibliographiques ont été sélectionnées dans un ensemble de 9 398 références correspondant à la production mondiale totale répertoriée dans la base Pascal*.

Il est facile de comprendre les avantages et les inconvénients de cette méthode. Beaucoup de travaux bibliométriques, procédant par interrogation informatique, portent sur des nombres de références qui sont de l'ordre de la dizaine de milliers, voire de la centaine de milliers. Travaillant sur un nombre plus réduit, mais selon une sélection beaucoup plus fine que dans le cas précédent, nous avons l'assurance de ne pas biaiser artificiellement les résultats. Cela est important d'une part pour apprécier la fraction de la production scientifique mondiale qui va aux PED (chapitres III et IV), et d'autre part pour réaliser la cartographie thématique (chapitre VI) qui doit être aussi fidèle que possible, elle aussi. Le nombre de références utilisées n'a d'ailleurs rien d'anormal dans une étude bibliométrique. Nous mentionnerons, pour comparaison, que D. H. Yaalon (1964) a fait l'analyse d'une collection de quatre mille références correspondant à une production scientifique mondiale, ou que M. Jagodzinski-Sigogneau et al (1982) ont travaillé sur une sélection (informatique) de mille quatre cents références concernant les PED.

La sélection faite, il a fallu reconstituer à partir de la base Pascal un fichier (informatique) contenant les 2 040 références sélectionnées. Ce fichier, mis en

mémoire au CIRCE, est interrogeable par les méthodes habituelles du Centre de documentation du CNRS. C'est par cette voie qu'ont été réalisées les analyses thématiques du chapitre VI, qui portent exclusivement sur les co-occurrences des mots clés.

La procédure de travail a été différente pour les données qui vont servir aux deux chapitres suivants (géopolitique et stratégies scientifiques d'ensemble). Au moment de la sélection, chaque référence a donné lieu à un enregistrement de variables, codées, sur micro-ordinateur. Les variables retenues correspondent (sauf une) à la simple transposition d'informations données par la base Pascal :

— *type de publication* : on distingue les articles de revues, les livres, les communications à des congrès ;

— *l'affiliation de l'auteur* ;

— *l'affiliation de la revue*, ou de l'éditeur du livre, ou de l'éditeur des actes du congrès ;

— *la langue de publication* : sont distingués, le français, l'anglais, l'espagnol, le portugais, l'allemand, les autres langues étant groupées ;

— *le nombre d'auteurs* de la publication ;

— *la rubrique*, selon le plan de classement des bulletins signalétiques (code : C01 à B14), qui définit un thème scientifique ;

— *le caractère de l'étude* : étude « localisée » ou « générale ».

Cette dernière variable diffère des précédentes. Elle concerne *l'objet étudié* par chacune des publications retenues. Il a été dit plus haut que les sols peuvent être définis comme des « corps naturels localisés ». Beaucoup d'études sur les sols (et sur l'agriculture) se réfèrent donc à un lieu donné, à une localisation précise. Mais les sols sont formés de beaucoup de substances organiques ou minérales que l'on étudie en laboratoire. Il y a aussi, dans l'évolution des sols, des processus que l'on peut considérer de façon générale. Il a donc semblé très important d'établir une distinction entre études générales et études localisées. Il ne s'agit pas seulement d'un problème géographique. Les premières de ces études peuvent avoir un caractère plus fondamental, les secondes un caractère plus appliqué. Il se peut que cela corresponde aussi à un choix dans la stratégie personnelle des chercheurs. Des études générales peuvent manifester le désir de participer au « mainstream », des études localisées une volonté de servir immédiatement le développement.

Il est généralement aisé de décider si une publication doit être considérée comme « générale » ou « localisée ». Très souvent, le titre suffit ; par exemple celui-ci : « A note on the soils of Adendan area, Southeastern part of Egypt. » Si le titre n'est pas décisif, les mots clés sont consultés ; si ceux-ci ne font pas apparaître de terrain localisé, l'étude est alors considérée comme « générale ». Toujours à titre d'exemple, c'est le cas de l'étude suivante, dont voici le titre et les mots clés : « The influence of organic acids on the availability of iron in soil. Expérience, Acide organique, Dissolution, Fer, Sulfate, Analyse mineurs, Sol. » Titre et mots clés montrent qu'il s'agit d'une étude de portée générale, seule l'affiliation de l'auteur à l'Égypte indique que ce travail intéresse un pays en développement.

Nous allons donner une illustration de ce que peut être une étude « localisée », en choisissant un domaine où justement cette catégorie semble devoir être moins fréquente qu'ailleurs : la microbiologie. Par comparaison, nous ferons

suivre une étude microbiologique classée comme « générale ». Voici les deux exemples, fi tels qu'ils sont mentionnés dans le bulletin signalétique.

Nigerian soil fungi.

OGBONNA (C. I. C.), PUGH (G. J. F.). Univ. Jos, dep. botany.

Jos, NGA. Nova Hedwigia, DEU, (1983), 36, n° 2-4, 795-808.

Nigeria, Sol, Fungi, Microflore, Zone tropicale, Biodégradation, Sol tropical.

Interaction between rhizobia and other micro-organisms in rhizosphere of chick pea (*Cicer arietinum* L.).

POI (S. C.), BHADURI (P.), KABI (M. C.). BCKV, nodule res. lab.,

Mohanpur 741246, IND. Zent. bl. Mikrobiol., DDR, (1983), 138, n° 8, 637-641.

Microflore, Rhizosphère, Interaction microorganisme, Antibiotique, Sensibilité résistance, Fungi, Actinomycète, *Cicer arietinum*, Rhizobium, Plante légumière.

Centre et Périphérie

Si l'on se contente d'établir dans la science mondiale un partage manichéen, entre les pays développés et ceux qui ne le sont pas, le rapport des forces n'est que trop évident. Trop d'auteurs se sont appesantis sur le sujet facile du sous-développement scientifique. *Le Tiers-Monde a été crédité, selon les estimations, de 5 à 10 % de la production scientifique mondiale* (voir les auteurs cités dans les chapitres précédents). Notre intention est de montrer que ces estimations sont certainement faussées quantitativement, largement à cause d'une utilisation démesurée de la base de l'ISI, comme nous le signalions aux chapitres précédents. Elles expriment cependant un *déséquilibre* indéniable entre pays développés et pays en développement. C'est à cette *géopolitique scientifique* que nous allons porter notre attention. Elle nous permettra d'introduire une catégorisation légèrement différente de l'usuelle distinction entre Centre et Périphérie. Ces notions, adoptées par beaucoup d'auteurs après Samir Amin (1973), conviennent bien pour décrire le monde scientifique, mais nécessitent une reformulation.

Nous allons d'abord considérer le *Centre*, ou plutôt ce qui constitue le Centre dans les perspectives que nous avons adoptées. Politiquement, le Centre correspond à tous les pays d'Amérique du Nord et d'Europe (URSS et pays de l'Est compris). Parmi ces pays, beaucoup ne sont pas des grandes puissances, pas plus sur le plan scientifique que sur le plan économique. On comprend que certains travaux (Y. M. Rabkin et H. Inhaber, 1979) puissent présenter la Norvège (avec le Brésil et l'Argentine, dans une étude de cas) comme un pays de la périphérie scientifique. Pour nous, la Norvège fait partie du Centre. De même, lorsque nous avons rencontré une référence provenant d'un laboratoire d'Irlande, et qui concerne un pays en développement, avons-nous classé cette référence parmi celles affiliées au Centre.

Assez facile à définir sur la carte politique, le Centre a en revanche des *contours géographiques* qui compliquent l'analyse. Le cas de la France est extrême. Que faire des études qui concernent les territoires et départements

d'outre-mer ? Notre objectif est de mesurer la quantité de science disponible. Il est évident que des recherches faites en Guyane française sont intéressantes pour le Surinam ou le Venezuela, que des recherches faites en Guadeloupe peuvent être utiles dans toutes les Caraïbes, celles de Nouvelle-Calédonie dans une grande partie du Pacifique, etc. Les références concernant les DOM-TOM ont donc été sélectionnées, mais que l'auteur soit affilié par son laboratoire à Papeete, Nouméa ou Paris, elles ont été comptabilisées avec celles de la France, pays du Centre. On fausserait l'analyse géopolitique en mettant ces références avec celles de pays du Tiers-Monde.

D'autres *situations marginales* sont apparues. Situées au large des côtes africaines, les îles Canaries possèdent une variété pédologique extraordinaire, avec la plupart des sols que l'on rencontre dans les régions intertropicales, des sols de désert aux andisols et sols ferrallitiques. Les productions agricoles sont les mêmes que sous les tropiques (banane, etc.). Les études réalisées sur les sols canariens sont réellement consultées dans beaucoup de pays en développement, spécialement ceux d'Amérique latine. Or les Canaries font politiquement partie du territoire de l'Espagne, pays du Centre. Un autre cas tout à fait analogue est celui des îles Hawaii. Tous les pays tropicaux qui ont des sols issus de roches volcaniques suivent les études faites aux Hawaii, territoire américain. Enfin, un troisième cas, encore plus marginal mais qui s'est présenté lors du dépouillement, est celui de quelques travaux réalisés à Hong-Kong, manifestement par des chercheurs anglais, et qui ont été attribués à la Grande-Bretagne.

D'autres cas compliqués existent certainement mais ne se sont pas posés dans les limites du corpus documentaire étudié. En résumé, *la contribution des pays du Centre s'est trouvée élargie* par les travaux réalisés par :

- la *France*, en Guyane française, Antilles françaises, Polynésie française, Nouvelle-Calédonie ;
- l'*Espagne*, aux îles Canaries ;
- les *Etats-Unis*, aux îles Hawaii ;
- la *Grande-Bretagne*, à Hong-Kong.

La *Périphérie* apparaît beaucoup plus complexe que le Centre. Il faut convenir que, dans la réalité, *il existe plusieurs Périphéries*. La situation change suivant les époques ou les circonstances. Ainsi, au XVIII^e et pendant une partie du XIX^e siècle, l'Amérique du Nord a été à la Périphérie de l'Europe. A l'inverse, aujourd'hui, certains pays européens peuvent être considérés comme scientifiquement périphériques par rapport aux Etats-Unis. Quant à la Périphérie actuelle, elle est évidemment pleine d'hétérogénéité.

Commençons par le plus simple, c'est-à-dire par *ce qui doit être écarté de notre étude*. En regard de la science facilement accessible, il existe une Périphérie particulièrement lointaine, ou plus exactement une Périphérie très largement étrangère, par son langage notamment. Nous n'avons pas retenu les références de la *Chine* et du *Japon*. Géographiquement et écologiquement, il n'est pas facile de décider quels travaux faits dans ces pays sont utiles pour les régions chaudes du globe. D'autre part, la base Pascal ne couvre certainement que très partiellement ce qui se fait en ces pays. Nous ne pourrions introduire dans nos comptages qu'un pourcentage très incertain de la production chinoise et japonaise. Enfin et surtout, la langue est un obstacle rédhibitoire. Nous n'avons sélectionné que les cas où des auteurs chinois et japonais ont publié,

dans une langue occidentale, des études concernant tel ou tel pays, autre que le leur. Ces cas sont peu nombreux.

Tout à l'opposé de la Chine et du Japon, il y a des pays qui occupent, dans la géopolitique scientifique mondiale, *une position intermédiaire*. Ils sont très proches *culturellement* des pays du Centre, mais ils sont éloignés d'eux *géographiquement*, et ils ont commencé beaucoup plus tard qu'eux leur développement scientifique. Certains de ces pays ont connu une période coloniale, dans tous les sens du terme, ou scientifiquement selon la définition de G. Basalla (1967). D'autre part, ils appartiennent aux mêmes grandes zones écologiques que beaucoup de pays du Tiers-Monde. Ils apportent donc à ces derniers des connaissances disponibles et utiles. S. Arunachalam et S. Markanday (1981) ont compris cette situation particulière, et ils ont donné à certains des pays qui l'occupent le nom de « *middle-level countries* ».

Nous ne retenons pas cette définition ni la liste exacte des pays regroupés par Arunachalam. Nous préférons identifier les pays de la *Première Périphérie*. Cette expression fait image et exprime bien la proximité entre les pays concernés et les développés qui constituent sans conteste le Centre. Il s'agit de :

- l'Australie,
- la Nouvelle-Zélande,
- Israël,
- l'Afrique du Sud.

Ces pays apportent un savoir utile à beaucoup de pays du Tiers-Monde. D'autre part, pour une étude bibliométrique comme celle présentée ici, ils ont l'avantage de donner des termes de comparaison. On ne peut pas raisonnablement comparer un pays en développement avec les Etats-Unis ou la France, alors qu'on peut le faire avec l'Australie. Dans cette perspective, il faut savoir que nos quatre pays de la Première Périphérie *sont des pays de fort développement scientifique*, toutes proportions gardées, c'est-à-dire en rapportant leur production au nombre d'habitants et à leur produit national. Ainsi, Israël a plus d'auteurs publiant des textes scientifiques par million d'habitants que n'en ont les Etats-Unis (Blickenstaff et Moravcsik, 1982).

J. Davidson Frame (1979) a établi des équations de prévision du nombre de publications scientifiques, en relation avec le produit national brut. En utilisant l'équation qui est celle des pays développés, il apparaît que la production scientifique réelle des quatre pays de la Première Périphérie dépasse la production attendue (tableau ci-dessous).

TABLEAU 2-2
Production réelle et attendue des pays de la Périphérie

	Production attendue	Production réelle
Australie	3 907	5 431
Nouvelle-Zélande	864	1 119
Israël	940	2 601
Afrique du Sud	708	1 221

Les calculs de Frame portent sur la totalité de la production scientifique, toutes disciplines confondues. Si l'on considère maintenant spécifiquement la *science du sol*, il suffira de mentionner la boutade de D. H. Yaalon (1964) disant que *l'Australie et la Nouvelle-Zélande semblent être un paradis pour les pédologues!* Aucun autre pays du monde n'a autant de pédologues par million d'habitants que ces deux pays. Mentionnons que ces pédologues sont identifiés par leurs publications : ceux qui ne produisent pas ne sont pas comptés.

Au-delà de la Première Périphérie apparaissent tous les pays que l'on nomme pays en développement, pays du Tiers-Monde, etc. Il n'a pas semblé nécessaire de les subdiviser ; certains d'entre eux (les plus productifs scientifiquement) seront présentés individuellement. On pourrait appeler cet ensemble la *Grande Périphérie*. Elle comprend toute l'Afrique (Afrique du Sud exceptée), toute l'Amérique latine (sauf Guyane française), les Caraïbes (sauf Martinique, Guadeloupe), les pays indépendants du Pacifique, presque toute l'Asie, avec les exceptions déjà mentionnées. On pourrait mettre en question l'intérêt de retenir dans cet ensemble des pays comme le Viêt-nam, Taïwan ou la Corée du Sud, ce qui a été fait. Dans le corpus des publications sélectionnées, les quelques pays qui pourraient soulever une discussion n'interviennent que dans une proportion infime. Il ne semble pas utile d'alourdir notre exposé par l'analyse détaillée de tous les cas que nous avons rangés dans la Grande Périphérie.

Considérant le Tiers-Monde en lui-même, il devient plus intéressant de voir comment se classent les différents pays. J. D. Frame et al. (1977) ont établi la liste de ces pays, par ordre d'importance. Le premier d'entre eux est l'*Inde* (dont on dit aussi qu'il est le troisième pays du monde par l'importance de sa communauté scientifique, mais le huitième par le nombre de ses communications, et qu'il est classé encore beaucoup plus loin par son impact). Selon Frame et al., les huit premiers pays en développement seraient les suivants :

- Inde,
- Argentine,
- Egypte,
- Brésil,
- Mexique,
- Chili,
- Nigeria,
- Venezuela.

Déjà cette liste paraît contestable. Si l'on peut admettre les huit pays placés dans le peloton de tête, l'ordre mis entre eux est surprenant. La position du Brésil nous semble faible et ne correspond pas à ce que nous trouverons plus loin. Au-delà du huitième pays de la liste de Frame, le classement est encore plus hasardeux, et nous ne pensons pas utile de le reproduire.

Pour le groupe plus réduit des pays de l'Afrique au sud du Sahara, le classement établi par C. H. Davis lui aussi paraît assez douteux. Le problème linguistique, la sélection faite par l'ISI sont des facteurs de perturbation. Si la place du premier pays (déjà classé dans les huit premiers du Tiers-Monde) est incontestable, il n'en est plus de même dès le deuxième ou le troisième. Nous retiendrons seulement les deux premiers de la liste africaine :

- Nigeria,
- Kenya.

Le travail que nous avons effectué porte sur la production scientifique *d'une seule année*. Avec une telle limitation, il ne peut être question d'établir un classement de l'ensemble des pays, la variabilité interannuelle du flux des publications étant certainement forte. Seuls les pays qui ont une production relativement élevée peuvent être considérés indépendamment, puis comparés entre eux. Encore faudra-t-il ne pas accorder une signification trop rigoureuse aux chiffres obtenus. La production scientifique d'un pays peut varier, d'une année à l'autre, sous l'effet des rencontres scientifiques. L'Association internationale pour la science du sol organise un grand congrès tous les quatre ans. Celui de l'année 1984 s'est tenu en Inde ; il est évident que la quantité des publications et leur distribution sont fortement modifiées par un événement de cette sorte. En revanche, dans la période que nous considérons (année 1983 de la base Pascal, correspondant principalement à la production des années 1981 et 1982), il n'y a eu que des congrès thématiques et régionaux, et l'on ne discerne pas de gros facteurs de perturbation.

En bon accord avec les classements établis par Frame et Davis, les pays importants que nous avons retenus *pour comparer leurs comportements, au cours d'une année* qui semble donc normale et peut être prise pour référence, sont les suivants :

- Inde (Asie)
- Brésil (Amérique latine)
- Argentine (Amérique latine)
- Egypte (Afrique)
- Nigeria (Afrique).

Les autres pays du Tiers-Monde seront considérés globalement.

Il faut pouvoir s'exprimer de façon simple et rapide, notamment dans les tableaux et figures. Nous remplacerons la terminologie dérivée des notions de S. Amin, pour parler plus simplement :

- du « *Nord* », expression équivalente au Centre,
- de la « *Périphérie* », sans préciser qu'il s'agit seulement de la Première Périphérie,
- du « *Sud* », terme court, largement connu, pour désigner la Grande Périphérie.

Une simplification de langage supplémentaire, déjà utilisée plus haut, sera souvent reprise. Nous parlerons des *régions chaudes du globe* pour désigner l'ensemble de la Périphérie et du Sud, parce que cet ensemble suit grossièrement la zone intertropicale, et sans entrer dans la nuance de tous ses climats particuliers (climat montagnard des Andes, par exemple).

Les dominations des écoles...

Les inégalités considérables dans la production scientifique, qui viennent d'être rappelées, constituent le premier caractère marquant de la géopolitique scientifique au niveau mondial. Un deuxième caractère de cette géopolitique, beaucoup moins apparent et beaucoup moins bien connu que le premier, est lui aussi facteur de perturbation. Il s'agit, sur un plan purement scientifique, des *positions de force ou de faiblesse occupées par certains pays, certaines écoles*. Il est bien évident que les pays développés transmettent ces particularités aux pays du Tiers-Monde avec lesquels ils sont le plus liés. Nous étudierons plus

loin ce problème, mais il est juste de rappeler auparavant ce que l'on en sait déjà.

Dans une étude qui remonte à 1964 et qui est antérieure à la grande vogue de la bibliométrie, Dan H. Yaalon a posé clairement la question : « Has soil research national characteristics ? » La réponse est affirmative dans une large mesure. D. H. Yaalon a réuni plus de quatre mille références extraites du bulletin *Soils and Fertilizers* (fichier CAB, décrit plus haut). Ce qui ressort le plus nettement de son analyse, c'est l'opposition entre les deux grandes puissances scientifiques, URSS et USA, en matière de science du sol. Des raisons historiques font que les pédologues soviétiques sont beaucoup plus orientés que leurs collègues américains sur l'étude de la matière organique, de la biologie, de la genèse et de la géographie des sols. Inversement, les Américains sont particulièrement avancés en minéralogie, en physique des sols. Curieusement, *les pays les moins avancés sont plus portés vers les études de chimie que de physique du sol.*

Une seconde étude de D. H. Yaalon (1966) concerne la *géochimie*. Il s'agit d'un domaine assez proche de beaucoup d'études pédologiques pour qu'on le considère aussi avec intérêt. Comme dans le cas précédent, Yaalon a basé ses comparaisons non sur le nombre total des publications produites par chaque pays, mais sur le nombre de publications rapporté à la population. Les petits pays ne sont pas désavantagés dans cette comparaison, les chiffres utilisés exprimant l'effort national. On a la surprise de voir alors *l'ordre mondial habituellement admis quelque peu transformé*. Les Etats-Unis ne sont plus en tête, position qu'ils occupent toujours quand on considère l'ensemble de la production scientifique, ou des domaines suffisamment larges pour que les effets sectoriels soient effacés (les huit domaines décrits au chapitre précédent). D. H. Yaalon explique les grands efforts réalisés en géochimie dans certains pays par diverses circonstances. Dans le cas de l'URSS, la raison avancée est d'ordre scientifique et économique. Il y a eu en URSS depuis très longtemps une importante école de géochimie, et la recherche des ressources minérales a été une forte motivation. Le Canada et l'Australie devancent eux aussi les Etats-Unis. Ce n'est pas la tradition scientifique mais cette fois principalement les raisons économiques qui ont joué. Dans des pays très vastes et peu industrialisés, la connaissance et l'exploitation des ressources naturelles sont des objectifs de première importance.

... et les spécificités écologiques

Nous avons évoqué à l'instant les caractéristiques *écologiques* des pays et leur influence sur les orientations des recherches. Les grandes unités géographiques naturelles ne tiennent pas compte des frontières politiques. La pratique réelle de la recherche dans les pays en développement montre la nécessité permanente de consulter les travaux réalisés en des contrées parfois lointaines mais similaires par leurs sols, leurs paysages, leurs climats, leurs modes d'utilisation des sols. Toute une histoire de l'agro-pédologie intertropicale pourrait être écrite pour illustrer la circulation de l'information scientifique, à l'intérieur des grandes zones écologiques.

Faut-il donner quelques exemples très rapides ? Vers les années cinquante-cinq/soixante, les pédologues de Nouvelle-Zélande ont réalisé des travaux remarquables sur les substances amorphes des sols, que l'on appelle les allo-

phanes. Ces travaux ont présenté un intérêt considérable bien au-delà de la Nouvelle-Zélande, car les allophanes sont constituants majeurs des andisols que l'on trouve en Amérique latine, dans les Andes, dans les îles volcaniques des Antilles, etc. Autre cas, qui pourrait être décrit lui aussi beaucoup plus longuement, toute une génération de pédologues et de géomorphologues africains (ou africanistes, comme l'on voudra) s'est inspirée des études de pédiplaines, surfaces d'érosion, cycles paléoclimatiques, dont les premiers instigateurs ont été des auteurs sud-africains et australiens. De la même manière peut-on dire que les remarquables travaux réalisés en Israël sur les sols salés et la maîtrise de leur comportement hydrique sont d'un intérêt majeur pour qui veut bien les utiliser en d'autres pays arides.

Ainsi le rapport des forces n'est pas entièrement défini par la domination massive des plus grands pays scientifiques. Les connaissances acquises sont distribuées selon les zones géographiques ou écologiques et, comme nous le montrerons plus loin, les communautés scientifiques reflètent cette distribution, par leur mouvement et leur composition. De là notre insistance à examiner la géopolitique scientifique en fonction non seulement de la distribution politique, mais également du contenu scientifique de la science disponible pour les pays en développement.

CHAPITRE III

LES GRANDES LIGNES DE LA GEOPOLITIQUE SCIENTIFIQUE

Quelle est la distribution de la science disponible pour les pays des régions chaudes ? Quelle est la contribution des différents pays ? Ce chapitre répondra à ces questions. Mais auparavant il nous faut signaler une caractéristique très importante des communautés scientifiques : leur grande fluidité. Cette même caractéristique contrecarre de manière significative la tendance à l'« in-breeding », sorte d'autocentrage trop résolument fermé sur lui-même (Velho et Krige, 1984).

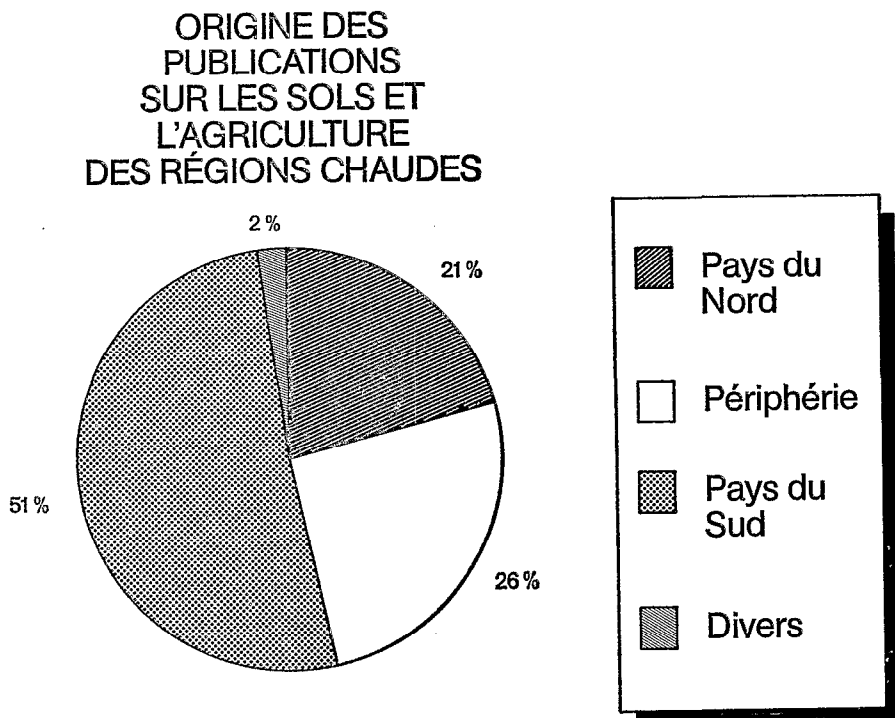
Fluidité des communautés et autocentrage

Chacun sait que les chercheurs voyagent, qu'ils nouent des relations entre eux, souvent à un niveau international. La bibliométrie le montre également. Lorsque l'on dépouille visuellement un corpus bibliographique de l'importance de celui étudié ici, les signes de la mobilité scientifique apparaissent sans cesse. Veut-on des exemples ? Voici celui d'un chercheur de nationalité française, qui travaille habituellement au Sénégal et publie avec un coauteur australien, dans une revue néo-zélandaise, en langue anglaise. Autre exemple : dans une publication dont les auteurs sont Melfi et Pédro, qui va deviner que le premier est brésilien et le second français, et que l'un et l'autre résident dans leur propre pays ? Seuls les fichiers de l'ISI et le *Who is Publishing in Science* permettraient de retrouver l'affiliation de chaque auteur, et peut-être d'établir des indices d'associativité. Mais cela n'a jamais été fait, la procédure serait compliquée, et les fichiers de l'ISI ne donneraient une nouvelle fois que la vision du « mainstream ».

Une vision purement qualitative du problème, obtenue lors du dépouillement du corpus de références, fait apparaître des situations très caractéristiques. Il y a tout d'abord celle de chercheurs de pays en développement qui travaillent et publient avec des chercheurs de pays développés. A la lecture de leurs noms, on identifie sans grand risque l'exemple (réel) d'un auteur égyptien qui publie avec un Soviétique, dans une revue soviétique, une étude des sols égyptiens. Une deuxième situation fréquente est celle de l'association de chercheurs ayant pris l'habitude de se rencontrer et de travailler au niveau international : le cas Melfi-Pédro mentionné plus haut en fait partie. La troisième situation, qui introduit une fluidité considérable, est celle de la recherche en coopération bilatérale ou multilatérale. Les dépouillements réalisés montrent à de multiples reprises que le même auteur peut publier en étant affilié soit dans le laboratoire du pays en développement où il travaille habituellement, soit dans un laboratoire métro-

politain de l'organisme de coopération auquel il appartient administrativement, soit dans le laboratoire universitaire auquel différentes circonstances (thèse surtout) l'ont associé. La coopération scientifique française fait fréquemment apparaître ce type de situation.

FIGURE 1



Les évaluations chiffrées que nous avons réalisées ne fournissent pas de véritable indice de *la fluidité de la recherche*, mais peuvent donner cependant une bonne idée de ce qui se passe dans la réalité. Voici comment. On pourrait concevoir (tout à fait théoriquement) les conditions que devrait remplir une *étude totalement autocentrée*, pour un pays donné. Ce serait une étude :

- réalisée par un laboratoire de ce pays,
- traitant des sols de ce pays,
- publiée dans une revue (ou un livre) de ce pays.

En définissant ce type de recherche, on se donne un *indice* de la situation contraire à la fluidité des communautés scientifiques que nous venons d'évoquer. Nous tenons tout de suite à préciser que ce n'est pas là une norme idéale à atteindre ; bien au contraire, ces trois conditions sont très restrictives.

En effet, les recherches que nous avons considérées comme « générales » ne font pas partie des études autocentrées ainsi définies, même si elles sont faites en un PED. D'une certaine manière cela est très normal, car un travail de portée générale n'est pas spécialement destiné au pays qui l'a produit et peut devenir utile pour un autre. Il faut remarquer en second lieu qu'un travail parfaitement « localisé », parce qu'il porte sur un terrain précis appartenant à un PED, mais

qui est réalisé par un laboratoire de pays développé, ne sera pas compté comme « autocentré ». Dans ces conditions, si l'on considère l'ensemble de la recherche mondiale, l'apport des pays développés fait donc baisser le pourcentage d'études autocentrées. C'est pourquoi nous considérons, dans le tableau ci-après, la situation globale (monde) qui tient évidemment compte des travaux non autocentrés des pays développés, et la situation des pays de la zone chaude, qui sont les seuls à pouvoir réaliser des études autocentrées (en donnant en exemple les neuf plus importants d'entre eux, la Périphérie et les cinq plus grands producteurs du Sud).

TABLEAU 3-1
Publications autocentrées

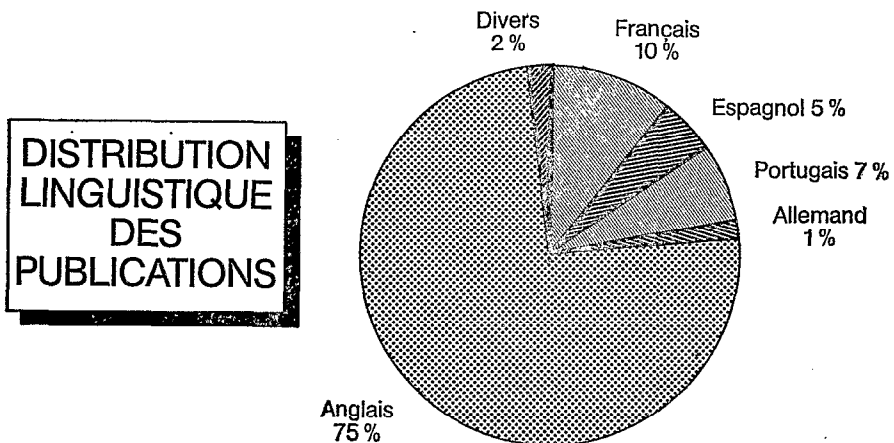
	Totales	Publications Autocentrées	%
Monde	2 040	448	22 %
Neuf pays	1 231	365	30 %

Un pourcentage d'études totalement autocentrées qui se situe entre 1/5 et 1/3 de l'ensemble est significatif d'une très importante fluidité, compte tenu de toutes les réserves à introduire sur ce genre de calcul et sur la définition retenue pour les études autocentrées. La majorité des études sont faites en un endroit, en concernent un deuxième, sont publiées dans un troisième, etc. Ce chiffre — qui, soit dit en passant, serait un bon indicateur pour les responsables de politique scientifique — justifie parfaitement nos remarques sur les mouvements des communautés scientifiques en fonction des spécificités écologiques.

Les grandes masses scientifiques

Deux chiffres expriment la situation d'ensemble. Déjà mentionnés dans une précédente page, ils sont néanmoins reproduits dans le tableau 3-2. Ils indiquent que la science disponible pour les régions chaudes correspond à plus de vingt

FIGURE 2



pour cent de la production scientifique mondiale telle que celle-ci est constituée dans la base Pascal.

On peut considérer que ce pourcentage reste insuffisant, qu'il est loin de correspondre à une égale répartition de la science en fonction de la population. Il est cependant de *beaucoup supérieur* à tout ce que l'on dit généralement à propos de l'information scientifique disponible pour les pays du Sud.

La figure 1 montre comment se répartissent les publications selon leur origine. Les pays du Sud en réalisent eux-mêmes la moitié, les pays de la Périphérie

TABLEAU 3-2
Production mondiale et des régions chaudes

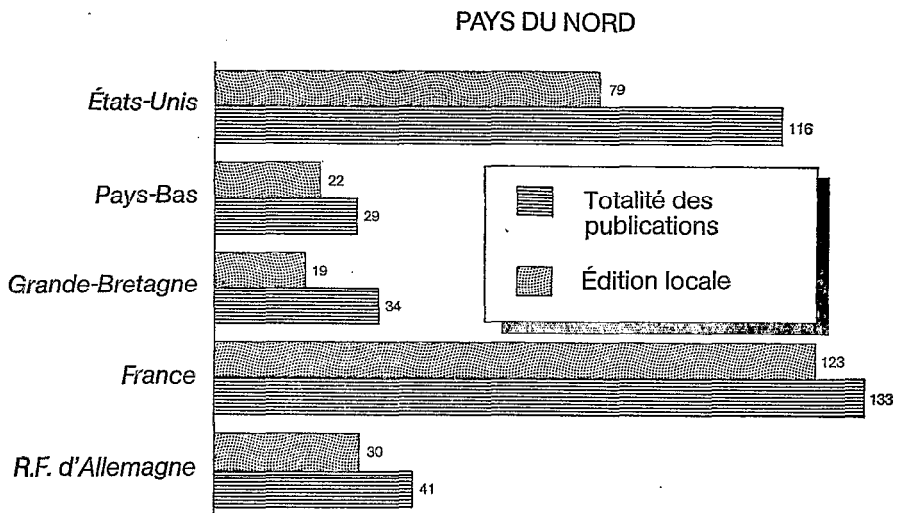
	Monde	Régions chaudes	%
Nombre de publications	9 398	2 040	21,7 %

un peu plus d'un quart, ceux du Nord légèrement moins. Environ 2 % des études ont une origine diverse, pas toujours bien définie (cas de travaux japonais, de publications anonymes, ou internationales, etc.).

La figure 2 précise les grands traits de la géopolitique mondiale par la répartition linguistique. L'anglais apparaît, ce qui n'est pas une surprise, comme la première langue scientifique. Les trois quarts des publications sont faites dans cette langue. C'est beaucoup, mais on est tout de même loin des estimations de E. Garfield (1983) pour qui l'anglais serait, avec un pourcentage de 92 %, « the *lingua franca* of Third World science ». A l'opposé de cette vision tronquée de la réalité, il faut souligner ce qui nous paraît être un critère de la bonne représentativité de la base Pascal. Le français n'occupe pas dans cette base documentaire une place démesurée, et l'anglais y trouve probablement sa juste place.

Dans le quart qui reste pour les publications non anglophones, en effet, *la langue française occupe environ 10 %*. Ce pourcentage ne paraît pas être arti-

FIGURE 3



ficiellement surestimé. Rappelons que G. Gablot (à partir de la base Pascal également) trouve pour la langue française un pourcentage de 8 % de la production scientifique mondiale, ce qui semble tout à fait plausible. Rappelons aussi qu'elle note l'agronomie comme une position de force de la recherche francophone (12 et même 18 %). Une bonne concordance apparaît dans les estimations faites à l'intérieur de la base Pascal.

Immédiatement après le français se place *la langue portugaise* (7 %), qui devance *l'espagnol* (5 %). Notons que pratiquement toutes les publications de langue portugaise viennent du Brésil (Portugal et pays d'Afrique n'ayant presque rien donné). L'importance du Brésil sera à nouveau mise en évidence plus loin. En revanche, pour la langue espagnole, une fois déduites les publications issues d'Espagne et concernant le plus souvent les Canaries, la production de l'Amérique hispanisante apparaît faible. Notons enfin, pour mémoire, que *l'allemand* s'individualise à peine (de l'ordre de 1 %), et que les autres langues sont si peu fréquentes qu'elles ont été regroupées dans la rubrique « divers » (2 %). L'exclusion de la Chine et surtout du Japon, l'inexistence de l'arabe en tant que langue scientifique expliquent évidemment ce dernier pourcentage.

Nous allons passer maintenant à l'analyse de la production scientifique par groupes de pays. Considérons tout d'abord *la contribution du Nord à la connaissance des sols et de l'agriculture des régions chaudes*. Les références sélectionnées se répartissent comme suit.

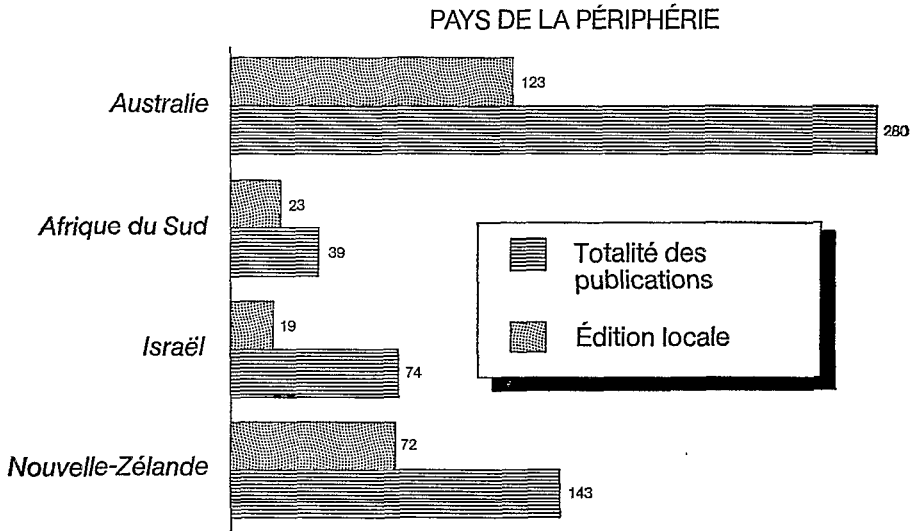
TABLEAU 3-3
Production des pays du Nord

Pays du Nord	Nombre de publications total	Territoires tropicaux exclus
France	133	119
Etats-Unis	116	95
Rép. féd. d'Allemagne	41	—
Grande-Bretagne	34	30
Pays-Bas	29	—
URSS	17	—
Belgique	14	—
Espagne	11	4
Canada	6	—
Autres pays	19	—
TOTAL	420	

La place de *la France, en tête des pays du Nord*, attire quelques commentaires. Il est certain que la base Pascal a un meilleur accès aux documents français qu'aux documents américains, et l'on peut penser que, en valeur absolue, la contribution française est légèrement favorisée. Si l'on se place en revanche en valeur relative, c'est-à-dire en rapportant l'effort d'un pays au nombre de ses habitants ou à l'importance de son produit national, comme cela est fait à juste titre en beaucoup d'études, il est hors de doute que la France apparaisse mieux encore comme le pays du Nord le plus actif dans les régions chaudes. Les *Etats-*

Unis ne viennent qu'en deuxième position (en valeur absolue), et un large écart les sépare des pays suivants.

FIGURE 4



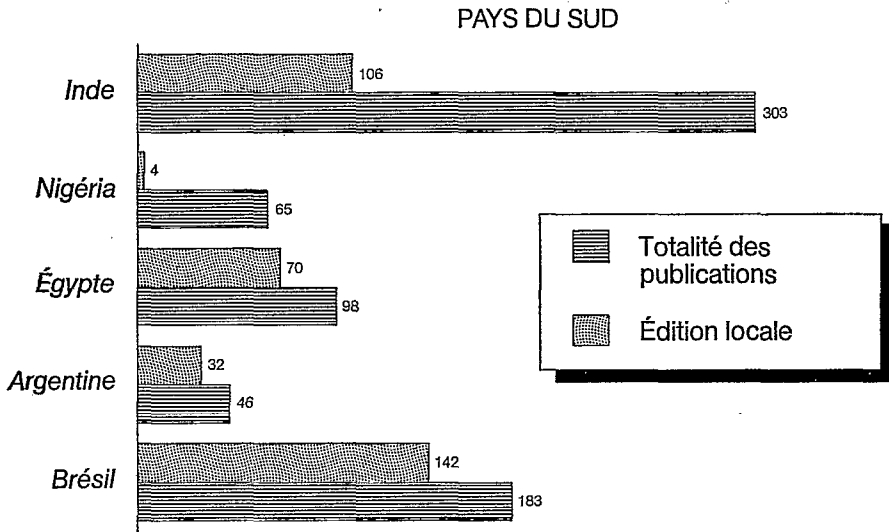
Nous n'envisageons pas la question sous son aspect éthique et ne discutons pas les raisons historiques (colonisation, existence des DOM-TOM) ou politiques qui ont placé la France en première position. On peut d'ailleurs réduire la contribution française à 119 références, en enlevant ce qui concerne les DOM-TOM, et la contribution américaine à 95 références, sans tenir compte des îles Hawaii. Les positions respectives restent les mêmes. Un autre caractère de la comparaison que l'on peut faire entre les deux pays se dégagera plus loin : *la contribution française s'exprime par une forte présence sur le terrain (beaucoup d'études « localisées »), alors que la contribution américaine résulte davantage d'une influence scientifique générale et d'un fort pouvoir d'attraction.*

La position des autres pays du Nord a de quoi surprendre. On peut s'étonner de trouver si peu de publications affiliées en Grande-Bretagne, et d'en trouver davantage provenant d'Allemagne fédérale, pays sans grand passé colonial et sans Commonwealth. Le Canada paraît peu actif. Quant à *la faiblesse de la contribution des pays de l'Est*, en premier lieu de l'URSS, à la connaissance des régions chaudes, elle est tout à fait flagrante. Il n'y a que 17 références affiliées à un laboratoire d'URSS, 18 qui sont publiées dans une revue soviétique, et encore y en a-t-il parmi elles qui ne sont que des discours généraux sur les sols tropicaux. Sans doute l'édition soviétique n'est-elle pas très accessible, mais la base Pascal en exploite dans une bien plus grande proportion que celle que nous venons de trouver. Sur d'autres sujets, pour l'étude des sols des régions tempérées et froides, la littérature soviétique est une source importante d'information.

Les pays de la Périphérie occupent une position particulièrement forte (voir la figure 4). On pouvait s'y attendre après les remarques faites par Dan H. Yaalon (1964). Ils fournissent incontestablement une masse importante de science disponible pour les régions chaudes. On peut admirer la production australienne,

presque aussi abondante que celle de l'Inde, celle d'Israël aussi, très importante pour un pays de petite dimension. Toutefois, deux remarques doivent être faites. La première est que *toutes* leurs publications ont été retenues, comme dans le cas des pays du Sud, ce que nous n'avons évidemment pas fait pour les pays du

FIGURE 5



Nord quand ils font de la recherche pour leur propre compte. La seconde est que *les communautés scientifiques de la Périphérie* (Australie, etc.) *ne travaillent qu'exceptionnellement dans les pays du Tiers-Monde, c'est-à-dire à l'intérieur des limites géographiques du Sud* (tel que nous l'avons défini). La fluidité dont il était question plus haut est ici limitée. On peut donc comparer facilement Périphérie et Sud, mais on ne peut pas mettre en parallèle de la même manière Périphérie et Centre.

Viennent enfin *les pays du Sud*. Il faut souligner que leur part dans la science disponible pour les régions chaudes est *beaucoup plus élevée* que ce que l'on pouvait attendre. Ils réalisent eux-mêmes, et pour certains d'entre eux avec l'aide de la coopération bilatérale ou internationale, la moitié du corpus documentaire sélectionné. Cela correspond à 11 % de l'ensemble du corpus dépouillé, c'est-à-dire 11 % de la production mondiale dans l'ensemble des thèmes scientifiques retenus à partir du plan de classement des bulletins signalétiques. Il n'y a pas de surprise à voir (figure 5) que *l'Inde* est le premier de ces pays, devant *le Brésil* puis *l'Égypte*. Au-delà, notre classement doit être considéré avec beaucoup de réserves. Nous le reproduisons néanmoins ci-dessous.

TABLEAU 3-4
Production des pays du Sud

Pays du Sud	Nombre de publications	Pays du Sud	Nombre de publications
Inde	303	Chili	21
Brésil	183	Taiwan	20
Egypte	98	Mexique	17
Nigeria	65	Sénégal	16
Argentine	46	Cuba	16
Philippines	26	Autres pays	231

La composition des communautés scientifiques de ces pays apparaît souvent clairement lors du dépouillement, bien que l'on ne puisse pas se risquer à établir des comptages. Il y a des pays dont la communauté scientifique est pratiquement en totalité autochtone. Cela frappe lorsque l'on relève les noms des auteurs de l'Égypte, et également de l'Inde. D'autres pays montrent un important brassage de patronymes de multiples origines, brassage qui exprime l'évolution même du pays : Brésil, Argentine. On peut penser que les communautés scientifiques s'enrichissent humainement de cette manière. Dans d'autres pays, comme le Sénégal, la Côte d'Ivoire, se discerne facilement, à travers les noms, l'empreinte de la coopération multilatérale. La mobilité des personnes est très inégale et doit être distinguée de la fluidité des informations et publications. Enfin il y a de grands pays pour lesquels on ne voit guère de signes d'activité scientifique : Algérie, Madagascar...

CHAPITRE IV

LES STRATEGIES SCIENTIFIQUES

La puissance éditoriale

Lorsqu'un travail de recherche s'achève, il faut généralement le publier. Pour représenter approximativement une année d'étude des sols des régions chaudes, c'est un ensemble de plus de deux mille références que nous avons constitué. La publication d'une telle quantité de textes scientifiques dispersés dans le monde entier se répète chaque année. Le nombre des textes s'accroît d'ailleurs vraisemblablement d'une année sur l'autre. Il existe donc dans le monde un *système éditorial* puissant et complexe ; il faut essayer de savoir comment il fonctionne.

Plusieurs types de publications peuvent être définis à partir du corpus étudié. Nous distinguerons les « livres », en mettant dans cette grande catégorie tous les ouvrages, thèses, manuels, brochures, fascicules, notices, comptes rendus, etc. Nous identifierons séparément les *communications aux « congrès »*, colloques, séminaires, dont les modes de publication sont très variables. Enfin, reste la grande masse des « articles » publiés par des revues, journaux, de périodicité régulière. Voici la répartition de ces trois types de publications.

TABLEAU 4-1
Types de publications

	Livres	Congrès	Articles	Total
Nombre	126	308	1 606	2 040
%	6,1 %	15,0 %	78,7 %	100 %

G. Gablot (1982) a proposé deux notions très intéressantes pour l'étude de la publication scientifique : la notion de *pouvoir de fixation* et celle de *pouvoir d'attraction*. La première se définit par le taux d'études produites par un pays et que ce pays retient dans ses revues nationales. La seconde s'exprime par la quantité de publications étrangères qu'éditent les revues nationales. Le fort pouvoir d'attraction d'un pays contrecarre évidemment le pouvoir de fixation des autres. Mais ceci n'est vrai que partiellement, car il est fréquent que les mêmes résultats scientifiques soient publiés, sous des formes plus ou moins différentes, en des revues nationales et étrangères.

Pour apprécier, au chapitre précédent, les grandes masses scientifiques, nous avons pris en compte la totalité des publications. Lorsqu'il s'agissait des pays du Nord ou du Sud, nous avons donné la liste respectivement des neuf et des onze premiers d'entre eux. Mais pour toutes les études comparatives qui vont suivre, il a fallu retenir uniquement les pays qui ont un nombre suffisamment élevé de publications. Voici la liste de ces pays. Pour simplifier par la suite la présentation des tableaux et des figures, nous donnons avec chacun le code de trois lettres habituellement retenu pour le désigner.

Nord		Périphérie		Sud	
FRA	France	AUS	Australie	IND	Inde
USA	États-Unis	NZL	Nouvelle-Zélande	BRA	Brésil
DEU	Rép. féd. d'Allemagne	ISR	Israël	EGY	Egypte
GBR	Grande-Bretagne	ZAF	Afrique du Sud	NGA	Nigeria
NLD	Pays-Bas			ARG	Argentine

Le pouvoir de fixation

Les figures 3, 4 et 5 du chapitre précédent indiquent le nombre total d'études réalisées dans les laboratoires de chacun de ces quatorze pays. En regard se trouve mentionné le nombre de celles qui sont publiées dans l'édition nationale, quelle que soit la forme retenue (livre, notice, article, acte de colloque, etc.). Si le pouvoir de fixation était total, les deux chiffres seraient évidemment égaux ; dans la réalité, le second est toujours inférieur au premier, mais le rapport des deux varie considérablement suivant les pays. C'est ce que nous allons considérer, toutes catégories (Nord, Périphérie, Sud) confondues, mais en effectuant des regroupements suivant la valeur (en %) du rapport études éditées localement/études totales.

Un premier groupe s'individualise avec les pays qui accusent un rapport de plus de 70 % (en réalité, le plus bas rapport du groupe est 69,5 %, ce qui n'est pas significativement différent de la limite donnée plus haut). Il faut consi-

TABLEAU 4-2
Pouvoir de fixation
(Études publiées localement en % études totales)

<i>1^{er} groupe : pouvoir de fixation élevé</i>			
France	92,4 %	Rép. féd. d'Allemagne	73,1 %
Brésil	77,5 %	Egypte	71,4 %
Pays-Bas	75,8 %	Argentine	69,5 %
<i>2^e groupe : faible pouvoir de fixation</i>			
Afrique du Sud	58,9 %	Inde	34,9 %
Grande-Bretagne	55,8 %	Israël	25,6 %
Nouvelle-Zélande	50,3 %	Nigeria	6,1 %
Australie	43,9 %		

dérer que ces pays ont un très fort pouvoir de fixation, ce que l'on appréciera avec nuance. Une trop grande fixation devient en effet un critère négatif, elle conduit à un état d'« insularité », d'« in-breeding », de « provincialisation », de « marginalisation ». A première vue, les pays de ce groupe semblent avoir une caractéristique commune : posséder une langue nationale différente de l'anglais. Ceci a certainement de l'influence mais ne nous paraît pas totalement déterminant. Ainsi les chercheurs égyptiens publient-ils en anglais dans leurs propres revues, de même que bien souvent les chercheurs néerlandais. Ils n'ont pas de véritable obstacle linguistique. Pour essayer de comprendre le problème, il faut considérer les pays, cas par cas.

Le premier de ces cas est celui de *la France*, pays qui détient le record de 92 % de ses travaux publiés par son édition nationale. On pourrait suspecter, une fois de plus, la base Pascal de déformer la situation. Par l'analyse détaillée d'une communauté scientifique française, le chapitre V montrera qu'il n'en est rien. Reste l'interprétation de cette situation : nous pensons qu'elle doit faire la part des choses. Admettons d'une part une certaine pesanteur qui conduit à l'insularisation, mais reconnaissons d'autre part que les communautés françaises (ou francophones) ont des dimensions suffisantes pour une grande autonomie. Nous reviendrons sur ce problème.

Deux pays européens autres que la France se classent dans le premier groupe : *Allemagne* et *Pays-Bas*. Nous verrons (pages suivantes) qu'ils ont avec la France une autre singularité, concernant le travail en équipe. Mais si leur pouvoir de fixation est fort, c'est également le cas de leur pouvoir d'attraction (voir plus loin), ce qui cette fois les distingue de la France. Retenons donc seulement une certaine analogie d'ensemble, entre pays européens, continentaux et non anglophones.

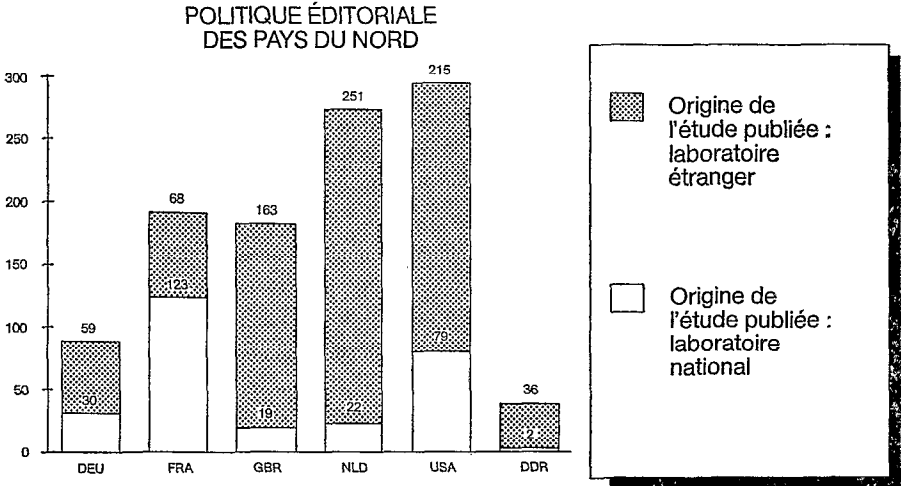
Placés également dans le premier groupe, il nous semble que *l'Égypte* et *le Brésil* traduisent par leur comportement une volonté consciente de développer un système de recherche et un système éditorial à caractère national. C'est ce qui ressort de la comparaison avec d'autres pays du Sud, chez qui se manifeste l'attitude inverse. Le cas de *l'Argentine* est plus difficile à apprécier : le rapport qui exprime le pouvoir de fixation est le plus faible du groupe (69,5 %), et il est établi sur un nombre plus réduit de publications, ce qui le rend plus aléatoire.

Le deuxième groupe correspond aux pays pour lesquels le pouvoir de fixation est peu élevé. La contrepartie évidente du faible autocentrage au niveau de l'édition est évidemment une meilleure participation à la communauté internationale. Le cas de *la Grande-Bretagne* est significatif. Il s'agit d'un pays qui a une très grande puissance éditoriale ; néanmoins, ses chercheurs publient dans une proportion notable à l'extérieur, favorisés en cela par la langue anglaise. S'il fallait choisir le cas le mieux équilibré, notre choix se porterait sur celui de *l'Australie*. Ce n'est pas le rapport 43,9 % de publications nationales qui nous semble en lui-même le plus adéquat ; l'impression d'un équilibre réussi est à vrai dire subjective. Elle résulte de l'examen réalisé lors de la sélection des références et qui semblait montrer une belle alternance de travaux appliqués, régionaux, fondamentaux.

Mais le pays qui attire le plus notre attention est *l'Inde*, puisqu'il s'agit d'un pays du Sud. Il est frappant de voir les scientifiques indiens s'introduire, le plus largement possible sans doute, dans le « mainstream », de même que s'affirme leur préférence pour les sujets généraux par rapport aux travaux localisés.

Une certaine distorsion existe certainement, la base Pascal ne pouvant répertorier toute la littérature grise indienne. Néanmoins, l'examen des chiffres en valeur absolue, la comparaison de l'Inde avec le Brésil, avec la France, ne laisse pas de doute sur *un comportement très orienté vers le niveau international*. Les autres indices (pages suivantes) plaideront dans le même sens.

FIGURE 6



Reste enfin, pour ce deuxième groupe, le cas des plus petits pays. Paradoxe de la situation, ce sont eux qui vont sembler publier proportionnellement le plus à l'extérieur. Il s'agit en grande partie d'un *artefact*. Pour le *Nigeria*, par exemple, il est plus que probable que la base Pascal n'a que peu d'accès aux publications nationales et à la littérature grise. Ainsi s'explique un pouvoir de fixation qui n'atteindrait pas 7 % ! Avec Israël, en revanche, la situation est un peu différente ; effectivement, le pays ne possède pas beaucoup de périodiques scientifiques, mais il joue aussi une politique de participation internationale tout à fait délibérée.

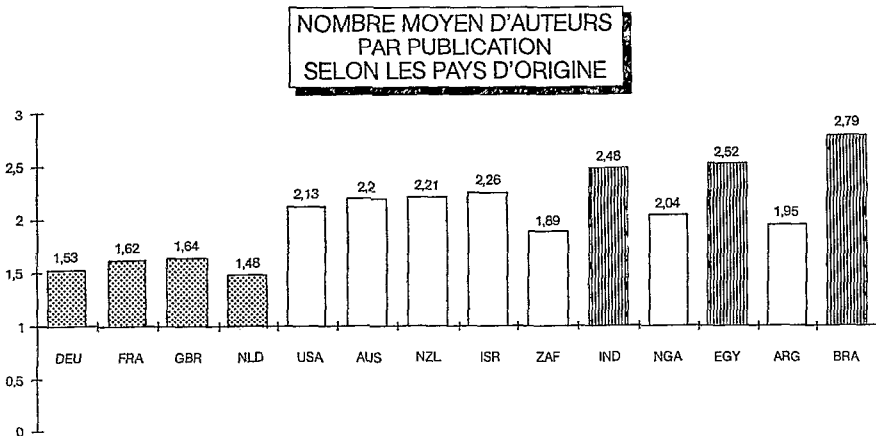
Il se trouve que *les Etats-Unis* se placent exactement en situation intermédiaire entre les deux groupes. Connaissant la puissance éditoriale du premier pays scientifique du monde, on pouvait s'attendre à trouver un taux très fort de publications nationales. Or les Etats-Unis publient proportionnellement plus à l'extérieur que la France, que les Pays-Bas, que le Brésil, etc. Nous pensons qu'il n'y a pas de paradoxe réel dans cette situation. Les scientifiques américains peuvent être sollicités par des revues extérieures. Ils sont également de grands organisateurs de rencontres internationales, congrès, colloques. Enfin, on peut leur accorder aussi le désir d'intervenir à un niveau qui soit utile aux pays du Sud. Toutes ces raisons peuvent s'ajouter et suffire à expliquer que plus de 30 % de la recherche américaine soient apparus, dans nos comptages, publiés à l'extérieur.

Le pouvoir d'attraction

Venons-en maintenant au pouvoir d'attraction, qui ne s'exerce évidemment de façon importante que chez les pays du Nord (figure 6). La première évidence est le *faible pouvoir d'attraction de la France*. Les chiffres sont éloquentes. A peine un tiers des publications de l'édition française vient de l'extérieur. Alors que la France réalise un effort considérable dans la recherche proprement dite, son édition est largement surclassée par celles des autres pays importants. Là encore, la situation ne doit pas être noircie, et on pourrait lui donner beaucoup de justifications. Critiquant d'un côté le « mainstream » et la course effrénée à un certain type de publication, nous devons reconnaître ce qu'il y a de raisonnable dans le comportement opposé. Néanmoins, la situation française nous semble vraiment déséquilibrée.

Les grandes puissances éditoriales sont les *Etats-Unis, les Pays-Bas, la Grande-Bretagne*. Le cas des Pays-Bas est tout à fait particulier. Ce pays, petit par sa population et par conséquent par son potentiel scientifique, est le siège

FIGURE 7



d'une importante édition scientifique. En d'autres termes, beaucoup de revues que l'on peut considérer comme internationales sont éditées aux Pays-Bas. On pourrait analyser aussi le rôle remarquable joué par ce pays dans l'Association internationale pour l'étude du sol, avec l'existence sur son territoire d'un Musée international des sols, et sans doute d'autres signes d'une volonté de présence sur la scène mondiale. Il faut noter aussi le pouvoir attractif des revues éditées en Grande-Bretagne, pays qui se singularise donc plus par l'édition que par la recherche proprement dite en régions chaudes. Quant aux Etats-Unis, contrairement aux deux précédents, ils présentent une situation plus équilibrée entre ce qu'ils produisent eux-mêmes et les textes venant de l'étranger et acceptés par leurs revues.

Deux pays européens font, dans le domaine de l'édition, une percée significative. Il s'agit des deux Allemagne, la *République fédérale* (DEU) dont nous avons déjà identifié les travaux, et la *République démocratique* (DDR) qui apparaît dans notre texte pour la première fois. Ces deux pays ont une faible présence,

sur le terrain, dans les régions chaudes ; leur propre production scientifique est limitée en ce domaine, surtout pour l'Allemagne de l'Est. En revanche, ces deux pays ont *un pouvoir d'attraction très fort, dans des domaines très spécialisés* (biochimie appliquée aux sols, microbiologie). Le dépouillement des références montre que leurs laboratoires sont liés à des chercheurs du Sud, et que leurs revues publient les résultats issus de cette collaboration (figure 6).

Les auteurs des articles

Pour beaucoup d'auteurs qui expriment une réflexion générale sur la science, il n'y aurait pas actuellement de recherche productive, créative, sans une communication active à l'intérieur de la communauté scientifique. Il s'agirait tout simplement d'une condition spécifique du travail scientifique actuel. L'image du savant s'isolant dans son laboratoire et dans ses pensées pouvait être partiellement valable autrefois mais serait totalement caduque aujourd'hui. C'est ce qu'affirme M. J. Moravcsik (1980), et bien d'autres pensent comme lui. La bibliométrie ne permet pas d'analyser la vie scientifique collective, mais elle peut établir quelques indices à prendre en considération.

Le premier de ces indices est fourni par *le nombre des auteurs* de chaque texte publié. Rien n'est plus simple que de relever ce nombre, pour chaque référence sélectionnée, et d'établir ensuite des moyennes, par thèmes ou par pays. Les résultats obtenus montrent que la différence entre pays est significative de comportements différents, alors que les moyennes restent pratiquement identiques d'un thème à l'autre. Précisons que les publications anonymes ont été écartées du comptage ; le nombre d'auteurs d'une référence n'est jamais égal à 0, il varie de 1 à 5, 6 ou 7 dans les cas extrêmes. Malgré les réserves énoncées dans une page antérieure (variabilité des collaborateurs cosignant une publication), le nombre moyen des auteurs peut être pris comme *une mesure de l'associativité*, ou du travail d'équipe.

La figure 7 donne les résultats. Les quatre pays européens considérés se signalent par le nombre moyen d'auteurs le plus faible : 1,48 à 1,63 par référence. La Grande-Bretagne se classe dans ce groupe, et non avec les autres pays anglophones. A l'exception de l'Afrique du Sud, qui donne un chiffre un peu plus bas, les pays de la Périphérie et les USA se groupent dans une étroite fourchette, avec 2,1 à 2,2 auteurs en moyenne par publication. Puis, malgré deux pays qui donnent des chiffres sensiblement plus faibles (Nigeria, Argentine), les grands pays scientifiques du Sud viennent largement en tête pour leur esprit associatif dans le travail : autour de 2,5 auteurs pour l'Inde et l'Égypte, et près de 2,8 pour le Brésil. Ces résultats sont très bien répartis, ils expriment sans aucun doute des comportements significativement différents dans les communautés de chercheurs.

Il est intéressant de noter que transparait, à travers un très simple critère, un rappel de l'histoire. Une évolution des comportements se dessine, qui s'amplifierait à partir des pays qui ont été les premiers au Centre (la vieille Europe) vers ceux qui sont apparus les premiers dans une Périphérie (Etats-Unis, puis Australie, etc.), jusqu'à ceux qui forment la récente et actuelle Périphérie de l'Inde, Brésil, etc.

On peut trouver d'autres raisons explicatives. Ainsi, pour les chercheurs français la nécessité de préparer une thèse au cours d'un très long travail est

sûrement une cause d'individualisme et une entrave à la formation d'équipes. Mais cela ne joue pas dans les autres pays européens. Le dépouillement des références a montré un autre fait. C'est que beaucoup de scientifiques de renom appartenant aux pays du Nord publient des articles généraux, ou de réflexion, ou des ouvrages de synthèse, individuellement. Ils font donc baisser la moyenne du nombre d'auteurs. Là encore, cela ne donne pas une explication d'ensemble suffisante, puisque Etats-Unis et Australie entrent dans ce cas et publient cependant plus collectivement que les pays d'Europe.

FIGURE 8

PARTICIPATION AUX CONGRÈS

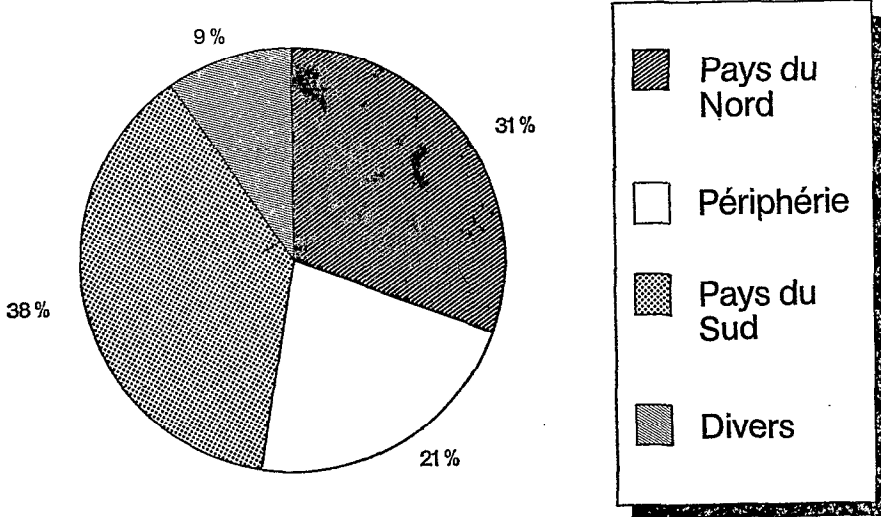


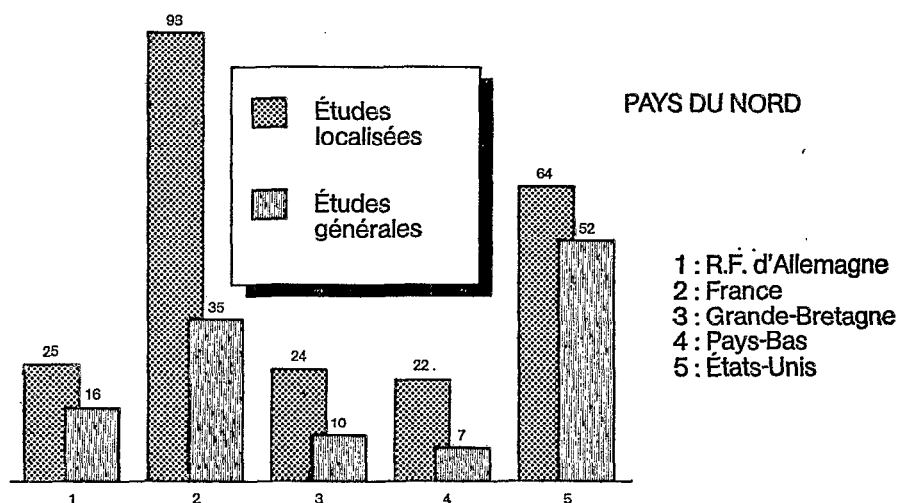
TABLEAU 4-3
Communications aux congrès scientifiques

	Pays du Sud	Périphérie	Pays du Nord
A. Communications aux congrès	41 %	23 %	34 %
B. Production scientifique totale	51 %	26 %	21 %
Proportion A/B	0,80	0,88	1,61

Une nouvelle fois, bien des remarques qui ne s'expriment pas dans les comptages sont suggérées par l'examen des références. Les rencontres scientifiques sont très diverses (grands congrès mis à part, inexistantes dans la période considérée). Certaines sont manifestement organisées autour d'une personnalité scientifique, qui présente plusieurs communications, en cosigne d'autres. Cela s'est présenté dans le corpus étudié, la rencontre en question ayant eu lieu dans un pays du Nord. De beaucoup plus intéressantes sont les rencontres organisées sur un terrain du Sud, et qui de toute évidence font « sortir » quantité de travaux, réalisés ici et là dans les laboratoires de pays en développement, et qui

auraient certainement eu peu de chance de se faire connaître autrement. Très nombreuses sont les références appartenant à cette catégorie. Enfin, le dépouillement réalisé confirme ce que chacun sait : colloques et congrès sont le terrain de manœuvre de prédilection de certains chercheurs. S'agit-il de scientifiques de haute qualité, d'animateurs particulièrement actifs, ce n'est pas la bibliométrie qui peut le dire. Quant à l'interprétation qu'il faut donner au fait que les communications des pays du Sud dans les rencontres internationales sont comparativement peu nombreuses, elle est trop évidente pour que l'on insiste beaucoup. Il faut certainement l'imputer, en partie tout au moins, à un manque de moyens. Cependant, nous devons signaler à ce sujet une orientation qui devrait être prioritaire dans les politiques scientifiques : *stimuler la participation aux congrès, en particulier internationaux, des chercheurs des PED*. Il semblerait même, comme le signale également Velho (1985), que c'est là une activité plus importante que de publier dans des revues de renom.

FIGURE 9



Le choix du terrain

Jusqu'à présent nous avons examiné des conditions que l'on peut dire externes à la production scientifique : la manière de travailler, de communiquer, de publier. Nous commencerons maintenant à aborder la question des *contenus scientifiques*, avec un critère très simple : *le rapport entre les études localisées et les études générales*. La façon de distinguer ces deux catégories a été exposée dans le chapitre portant sur la méthode. Le lecteur pourra y trouver deux exemples de chaque type de références dans un domaine où ne prédominent pas les études de type localisé : la microbiologie. A plusieurs reprises nous avons rappelé qu'il s'agit d'un critère qui peut recouvrir différentes notions : autocentrage, recherche fondamentale ou appliquée, assistance directe au développement, etc., peuvent trouver leur expression dans une plus ou moins grande quantité d'études localisées. Certains penseront que les études localisées ont de fortes chances d'être scientifiquement peu en pointe, mais ce n'est pas l'avis de tous. Multidisciplinarité, liaison avec les savoirs traditionnels, conservation de la nature,

aménagement de l'espace sont très souvent de leur ressort. Nous appellerons *distance au terrain* le rapport qui s'établit entre les études localisées et les études générales. Plus ce ratio est élevé, et plus sera forte la présence sur le terrain.

Les pays du Nord (figure 9) paraissent tous réaliser davantage d'études de terrain que d'études générales, ce qui peut paraître curieux. En réalité cela constitue, au Nord, la forme d'aide aux pays en développement la plus évidente. Une deuxième raison est que, lors de la sélection des références, les études générales ont été très sévèrement triées et que, pour les retenir, il fallait des raisons précises montrant leur intérêt pour les pays du Sud. *Une très forte présence sur le terrain* : voilà ce qui singularise le comportement de la France, en valeur absolue (98 études localisées publiées, en une année approximativement) comme en valeur relative (rapport des deux catégories). En valeur relative, *Grande-Bretagne* et *Pays-Bas* montrent la même orientation vers le terrain, mais cela ne porte que sur un effort global beaucoup plus faible. Il faut remarquer en revanche, pour *l'Allemagne* et les *Etats-Unis*, une proportion sensiblement plus importante des études générales.

FIGURE 10

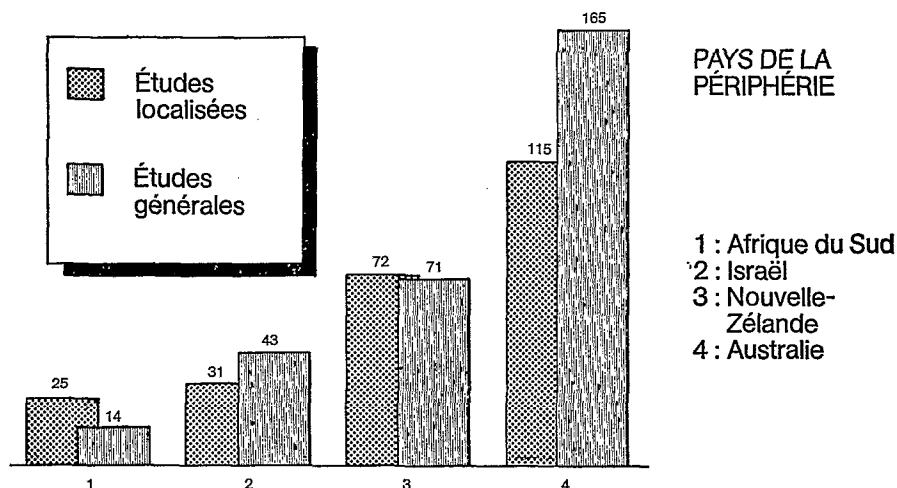


TABLEAU 4-4
Distance au terrain des pays du Nord

Pays	Nombre études localisées	Études localisées
		études générales
France	98	2,8
Etats-Unis	64	1,2
Allemagne	25	1,5
Grande-Bretagne	24	2,4
Pays-Bas	22	3,1

Avec les pays de la *Périphérie*, le pourcentage d'études générales s'accroît. La Nouvelle-Zélande montre une égalité presque parfaite des deux catégories, l'Australie une dominance nette des études générales.

TABLEAU 4-5
Distance au terrain de la Périphérie

Pays	Nombre études localisées	Études localisées
		études générales
Australie	115	0,6
Nouvelle-Zélande	72	1,0
Israël	31	0,7
Afrique du Sud	25	1,7

Lorsque l'on considère *les pays du Sud*, toujours à travers ce même critère, ce qui frappe, c'est l'opposition de la politique scientifique apparemment mise en œuvre par les deux grands pays : *Inde et Brésil*. L'Inde a un comportement proche de celui des pays de la Périphérie, marqué par la prédominance des études générales. Le Brésil fait beaucoup plus d'efforts pour l'étude de son propre territoire ou des conditions locales de son agronomie. Il y a convergence dans les indices employés (localisation des études, types de publications) pour caractériser vraiment deux politiques scientifiques différentes.

FIGURE 11

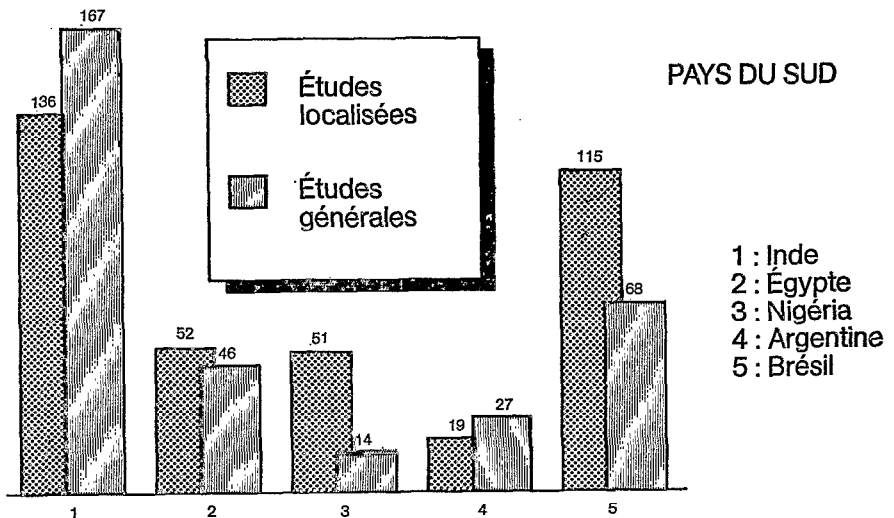


TABLEAU 4-6
Distance au terrain des pays du Sud

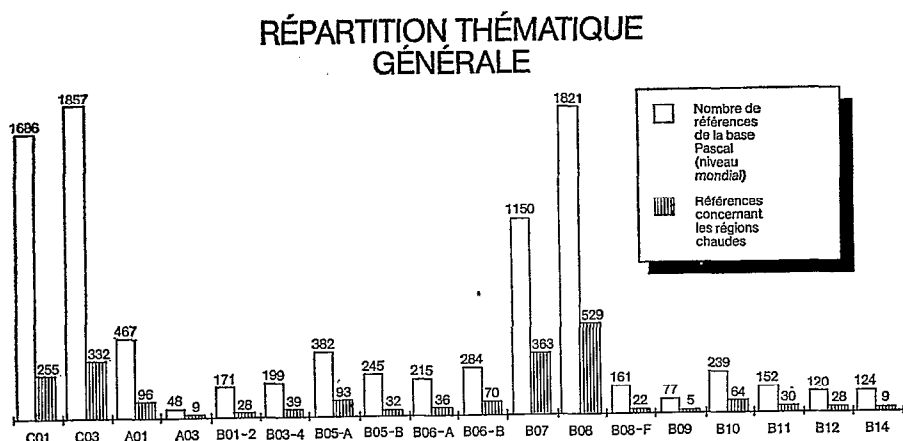
Pays	Nombre études localisées	Etudes localisées	
		études générales	
Inde	136	0,8	
Brésil	115	1,7	
Egypte	52	1,1	
Argentine	19	0,7	
Nigeria	51	3,6	

Notons au passage le cas du Nigeria, qui montre un fort pourcentage d'études localisées. Cela est caractéristique des pays du Sud qui ont une production scientifique réduite. La lecture des titres de publications laisse imaginer une certaine dimension psychologique du problème : les auteurs paraissent se sentir obligés de toujours préciser sur quels sols, quels terroirs ils ont travaillé... Plus confiants en eux-mêmes, sans doute, les auteurs des grands pays scientifiques manifesterait plutôt la tendance inverse et tenteraient plus volontiers de donner à leurs études les apparences de la généralité.

Les grands thèmes

Le plan de classement des bulletins signalétiques (voir chapitre II) va maintenant être utilisé pour une analyse thématique très générale (figures 12 et 13). Bien qu'il soit très logiquement constitué, le plan de classement n'est pas toujours facilement applicable. De très nombreuses références sont susceptibles de recevoir plusieurs classements, entre lesquels un choix a nécessairement été fait. Le dépouillement visuel réalisé au départ du travail a permis d'identifier les principales difficultés et d'éviter ensuite certaines erreurs d'interprétation.

FIGURE 12



Thèmes (Bull. 226 : C01 & 3) (Bull. 381 : A01 à B14) (Code Pascal)

Mentionnons le cas de la *télé-détection*, qui est tout à fait typique. Il y a très peu de références dans la rubrique qui lui est réservée (A03). En réalité, beaucoup de travaux ont utilisé la télé-détection comme une technique parmi d'autres et sont classés soit avec ceux concernant la *géomorphologie* (C01), soit avec ceux concernant *les sols* (C03). Il ne faut donc pas pousser trop loin l'interprétation de la rubrique A03 et, si l'on veut focaliser l'attention sur la télé-détection, il faudra faire une recherche particulière par les mots clés.

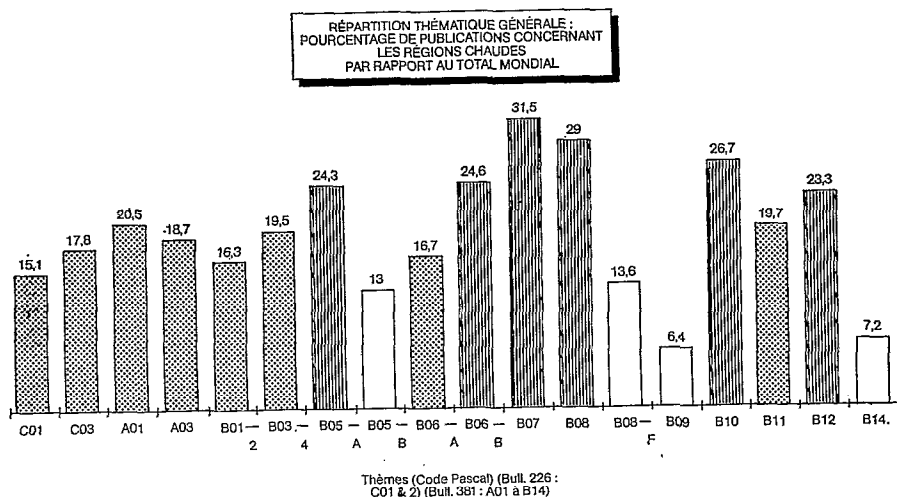
Toutes les rubriques peu volumineuses sont à considérer avec précaution. Elles ont parfois été conservées (dans notre étude) seulement pour illustrer certains problèmes précis. C'est le cas de ce qui concerne *l'utilisation des déchets* (B08-F), *les substrats artificiels* et *les cultures hydroponiques* (B09), *la pollution du sol* (B14). A l'échelle mondiale, ce ne sont déjà pas des thèmes d'étude qui attirent une très grande quantité de travaux. Mais c'est surtout dans les pays du Sud que l'on se préoccupe le moins de ces questions. Quelques études apparaissent, dont on voit bien le caractère marginal : l'utilisation des ordures ménagères à Hong-Kong, la culture hydroponique dite « sans sol » en Israël. Ceci illustre, s'il en est besoin, le fait que les priorités de la recherche sont en de nombreux cas différentes dans les pays du Nord et du Sud (figure 13).

Moins évidentes que les précédentes, bien d'autres hétérogénéités dans la distribution des études se justifient par de bonnes raisons, *d'ordre écologique* souvent. L'observateur peu averti pourrait s'étonner de trouver beaucoup de travaux sur *les formations superficielles* et *la géomorphologie en Arabie saoudite*. Les formations dunaires n'existent pas partout, la géomorphologie, la télé-détection sont de bons moyens d'analyse des pays arides et désertiques. Dans les pays plus humides, *la cartographie pédologique ou pédo-morphologique prendra au contraire plus d'importance*. Il faut s'attendre à ne pas trouver le même éventail de recherches en Arabie saoudite et en Equateur par exemple.

Priorités de la recherche, adaptation des moyens scientifiques se repercutent sur la disponibilité des laboratoires du Nord. La bibliométrie le montre très bien. On voit que beaucoup de *laboratoires de géographie* européens travaillent sur les pays du Sud. Il est facile de réaliser depuis l'Europe des études géographiques, par des missions de terrain temporaires, avec l'aide de photos aériennes et d'images Landsat. En revanche, des *suivis agronomiques* exigent une présence permanente sur le terrain. Il est très logique de constater (fig. 14) que les pays du Nord produisent beaucoup en *géographie, géomorphologie, formations superficielles* (C03), comparativement à ce qu'ils réalisent en d'autres domaines de grande importance pourtant (C03, B07, etc.), mais pour lesquels le travail de terrain est plus compliqué ou plus lourd.

Nous avons donné, dans un chapitre antérieur, un chiffre global : 21 % de la recherche mondiale concernant sols et agriculture des régions chaudes du globe. La figure 12 compare, pour chaque thème correspondant au plan de classement, *le nombre des études mondiales et (inclu dans le précédent) le nombre des études concernant les régions chaudes*. Si l'on veut procéder à un examen détaillé, chaque rubrique est ainsi identifiée. Pour donner une vue plus générale, un regroupement a été effectué dans la figure 13, qui indique cette fois non plus les chiffres en valeur absolue, mais *le pourcentage de la production mondiale* qui s'applique aux régions chaudes. Il est utile de comparer l'une et l'autre figure, afin de savoir si un pourcentage qui attire l'intérêt porte sur une rubrique volumineuse (exemple B08) ou réduite (exemple B10).

FIGURE 13



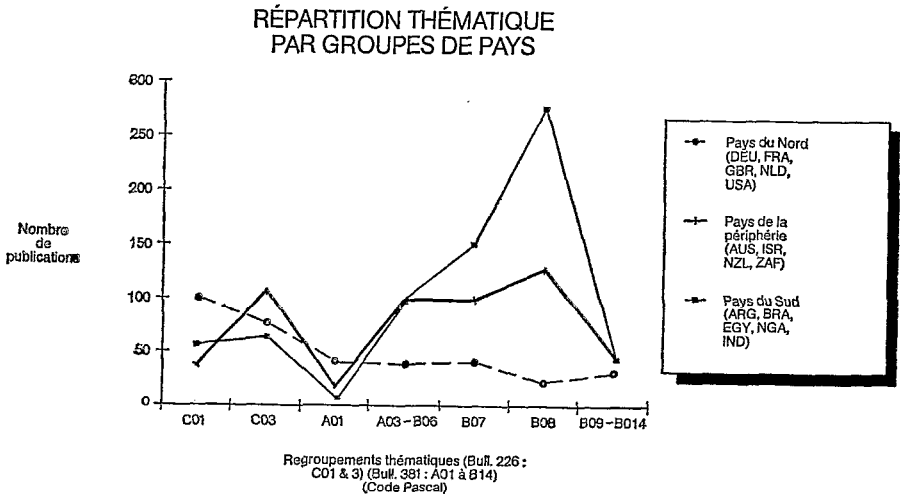
Trois catégories peuvent être distinguées. La première correspond aux thèmes qui sont comparativement les moins pratiqués dans les régions chaudes. Nous avons déjà mentionné les cas « déchets », « substrats », « pollution ». Il faut remarquer en plus celui de l'étude de la matière organique : seulement 13 % de la production mondiale sur ce sujet. Un rapprochement s'impose avec la remarque faite par D. H. Yaalon (1964). S'il y a beaucoup de spécialistes de la matière organique en URSS, il semble en revanche y en avoir peu dans les régions chaudes. Or nous avons vu, à travers la répartition des publications, quelle très faible liaison scientifique existe entre URSS et pays de l'Est d'un côté et pays du Sud de l'autre. Sous réserve d'un examen plus détaillé, on peut penser qu'il y a là un très bel exemple d'influence (en l'occurrence négative) du Nord sur le Sud.

La deuxième catégorie est celle des thèmes pour lesquels le pourcentage des études concernant les régions chaudes est moyen : de 15 à 20 % du total mondial. Nous ne nous y attarderons pas et considérerons plutôt la troisième catégorie, pour laquelle ce pourcentage est compris entre 24 et 31 %. Pour ne pas alourdir notre exposé, nous passerons rapidement sur les thèmes qui ne portent que sur un nombre relativement réduit de références : *physico-chimie du sol* (B05-A), *dynamique de l'eau* (B06-B), *relations sol-plante* (B10), *aménagement* (B12).

Il est indispensable de considérer très attentivement deux grands thèmes qui représentent à eux seuls 43 % de l'ensemble de la recherche consacrée aux régions chaudes. Il s'agit de la *fertilisation des sols* (B07) et de la *microbiologie* (B08).

Ce qui est tout à fait remarquable, c'est que l'on voit là se dessiner deux pôles d'intérêt propres aux pays du Sud. Ce sont eux en effet qui font monter le pourcentage, par rapport au total mondial, à 31,5 % pour les études de fertilisation et à 29 % des études de microbiologie. Les pays du Nord ne réalisent (pour les régions chaudes) que peu de travaux en ces domaines, beaucoup moins numériquement que pour les études des formations superficielles (C01)

FIGURE 14



ou pour la pédologie générale (C03). Les pays de la Périphérie s'intéressent beaucoup à la fertilisation et à la microbiologie, proportionnellement moins toutefois que ceux du Sud.

Recherches de pointe ou travaux de routine ? Sans prétendre répondre catégoriquement à une telle question, nous utiliserons les critères mis au point jusqu'à présent pour essayer de définir s'il y a une ou plusieurs stratégies sous-jacentes à ces deux pôles d'intérêt. Nous ferons l'analyse de la production des deux grands pays du Sud, Inde et Brésil, et retiendrons aussi l'Australie aux fins de comparaison.

TABLEAU 4-7
Études en Microbiologie

	Australie	Brésil	Inde
Nombre total d'études	52	33	88
Études générales	90 %	60 %	75 %
Publications extérieures	73 %	51 %	77 %

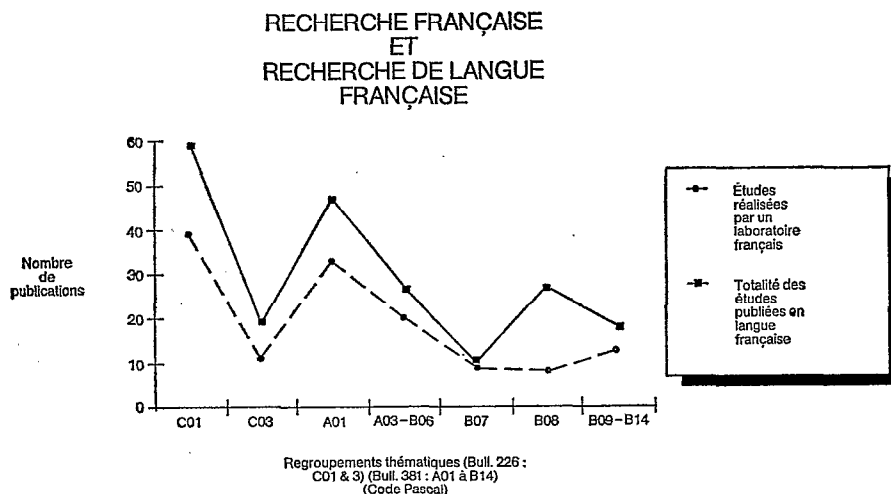
La microbiologie représente un domaine où dominent les études de portée générale et où l'on publie beaucoup à l'extérieur. Le « mainstream » n'est pas loin. Cela dit, chaque pays garde l'empreinte de son comportement habituel. C'est ainsi que le Brésil continue à faire davantage d'études localisées, à publier davantage dans ses propres revues que ne le font ses partenaires.

TABLEAU 4-3
Etudes sur la Fertilisation

	Australie	Brésil	Inde
Nombre total d'études	59	85	113
Etudes générales	49 %	24 %	49 %
Publications extérieures	67 %	10 %	62 %

Manifestement, la stratégie de travail sur la fertilisation n'est pas celle des études de microbiologie. Il y a ici proportionnellement beaucoup moins d'études

FIGURE 15



générales et beaucoup moins de publications qui se font à l'étranger. Le Brésil accentue cette situation déjà sensible en Inde et en Australie : avec 10 % de publications faites à l'étranger, le « mainstream » paraît bien loin...

Nous pouvons comparer nos résultats avec ceux de Lea Velho (1985 : 175-178) qui a étudié les publications de quatre grands centres de recherche brésiliens en sciences du sol et fertilisation des plantes. Travaillant sur des données très complètes quant à la représentativité de chaque institution, elle a constaté que 92 % des articles sont publiés nationalement. Cette proportion est encore plus grande dans le domaine des recherches agronomiques *stricto sensu* (systèmes de production des cultures, développement de nouveaux cultivars...) : près de 96 % des articles sont publiés au Brésil. Ces résultats, convergents avec les nôtres (voir aussi le chapitre V), incitent à se méfier des travaux menés sur les données « mainstream » exploitant la base de l'ISI. Mais surtout, ils permettent de souligner l'importance de l'effort national et des stratégies propres à chaque nation. L'étude thématique indique non seulement la possibilité de définir des priorités différentes pour le Nord et pour le Sud, mais elle montre encore que cela se réalise dans les faits.

En choisissant de décrire la géopolitique scientifique avec les notions de Centre et de Périphérie, nous avons implicitement admis la prépondérance ou même la domination d'une partie du monde sur l'autre. Cependant, la situation n'est plus exactement la même d'un thème scientifique à l'autre. Nous avons vu varier beaucoup l'apport respectif des pays du Nord et des pays du Sud, dans la connaissance des régions chaudes.

C'est certainement avec beaucoup de réserves qu'il faut aborder le problème dépendance/indépendance scientifique. Un système de recherche peut sembler se développer de façon autonome alors que ses idées directrices et ses méthodes sont en réalité empruntées. En d'autres termes, les pays du Nord peuvent piloter la recherche dans le Sud sans pour autant apparaître dans nos comptages. Répondre à ces questions nécessiterait des travaux plus approfondis et d'autres méthodes (méthode des citations de l'ISI, méthode des mots associés exposée au chapitre VI, ou étude historique, sociologique et épistémologique). Nous continuerons à nous intéresser seulement aux quantités de travaux disponibles.

La figure 14 visualise la distribution du nombre d'études selon les thèmes, distribution sur laquelle plusieurs remarques ont déjà été faites, dans les pages antérieures. Dans la nouvelle comparaison établie par la figure 14, les quatre pays de la Périphérie sont considérés ensemble. Les pays du Nord et les pays du Sud continuent à être représentés par les plus importants d'entre eux, toujours les mêmes bien entendu. Il apparaît immédiatement que la courbe qui représente les pays du Nord est relativement régulière ; ces pays couvrent toute la gamme des recherches, avec cependant une plus grande importance donnée aux études géomorphologie-pédogenèse (C01, C03). En revanche, *la Périphérie et plus encore les pays du Sud ont fait leurs propres choix*. Leurs courbes de distribution thématique présentent des « pics » (fertilisation ou B07, microbiologie ou B08), et contrastent avec la courbe « plate » donnée par les pays du Nord. Ceci précise clairement que si, en microbiologie, 31 % de la recherche mondiale concernent les régions chaudes (pages précédentes), cela est *imputable aux pays du Sud eux-mêmes* et non à la coopération de ceux du Nord. Cette situation d'autonomie est essentiellement le fait de l'Inde et du Brésil, les deux pays les plus puissants dans la recherche du Sud.

Il faut isoler de l'ensemble mondial un cas particulier, qui est celui de *la recherche des pays francophones*. La comparaison que nous avons faite à son propos porte sur le nombre d'études réalisées par des laboratoires français d'une part, et sur le nombre total des études exprimées dans la langue française d'autre part. Il est plus facile d'isoler des références par leur langue de publication, plutôt que de réaliser un tri pays par pays. C'est donc par simplification que nous considérons que la recherche rédigée « en langue française » est la recherche des « pays francophones ».

Malgré cette approximation, la situation paraît claire. Les deux courbes se suivent strictement (figure 15). Nous en déduisons que *la recherche française représente quantitativement la plus grande partie de la recherche francophone* et que, *qualitativement, elle pilote très étroitement cet ensemble francophone*.

Cela traduit l'importance de la contribution de la France, qu'il faut souligner une nouvelle fois avec satisfaction. Ce qui peut être inquiétant, en revan-

che, c'est que l'on ne trouve pas dans l'ensemble francophone les mêmes choix thématiques que chez les grands pays du Sud. La faible importance donnée au thème « microbiologie » ressort immédiatement. Quelle peut être la raison de ce décalage ? La question est posée. Certains éléments de réponse apparaîtront plus loin.

CHAPITRE V

LES DYNAMIQUES INDIVIDUELLES

Le problème scientifique posé par le Tiers-Monde apparaît, en première analyse, et dans toute son ampleur, lorsque l'on considère l'ensemble de la scène internationale. L'examen de la distribution géopolitique du potentiel scientifique, l'analyse des grandes stratégies de la recherche n'épuisent pourtant pas les données du problème. Bien au contraire, le bilan mondial de la science renvoie très vite à d'autres interrogations. La nécessité d'un changement d'échelle s'impose alors, pour aborder les aspects les plus réellement dynamiques de la recherche. C'est ce que nous allons entreprendre maintenant, en déplaçant notre attention, qui s'est portée dans les précédents chapitres sur le niveau international, vers le niveau des chercheurs individuels dans une institution particulière.

Dans les chapitres précédents, beaucoup de questions ont été posées qui n'ont, semble-t-il, jamais reçu de réponses précises. Par exemple, on parle souvent de *littérature grise* et de *documents non conventionnels* par opposition aux publications « conventionnelles » : livres et articles. Le poids de ces documents dans la communication entre les chercheurs, dans et hors de leur institution, est assez mal connu. La diversité de ces documents, leur caractère non conventionnel les rendent difficiles à archiver, et plus encore à utiliser dans une étude bibliométrique. La question se pose généralement au moment de l'évaluation des chercheurs : faut-il alors considérer leurs papiers de travail, notes de terrain, rapports comme étant des productions avec autant de valeur que les articles ou les livres ?

Nous ne répondrons pas à cette question en termes de qualité. En revanche, d'un point de vue strictement bibliométrique, nous considérons ces documents comme faisant partie de la production « normale » d'un chercheur. Si l'on cherche à connaître les stratégies individuelles des chercheurs, il est alors important de comptabiliser l'ensemble de la production scientifique, publiée ou pas. En faisant cela, on peut essayer de comprendre ce que représente la fraction visible de la production par rapport à l'ensemble de la production.

De toute évidence, le problème ne peut être analysé au niveau mondial et doit être étudié sur un groupe scientifique limité. Il est en effet difficile d'avoir accès à l'ensemble de la production des chercheurs. Nous nous restreindrons à un groupe de chercheurs dont la caractéristique commune est l'affiliation à une seule et même institution scientifique. C'est là la limite naturelle pour toute étude de ce type, car elle permet de contrôler les variables liées à l'environnement institutionnel. Nous avons choisi de considérer un groupe de chercheurs d'un pays développé qui travaillent dans les pays du Tiers-Monde.

Le groupe de chercheurs français retenu est représentatif de la recherche

française spécialisée dans la coopération scientifique et dans l'étude des régions chaudes. Les chercheurs français intègrent l'une des premières puissances scientifiques mondiales en la matière. Par ailleurs, ils sont censés effectuer la recherche *sur, dans et avec* les PED. Les institutions qui satisfont ces trois conditions sont rares dans le monde. De plus, le comportement de ces chercheurs et les attitudes de leurs collègues qui travaillent dans des organismes ou universités sont très particuliers. Le groupe retenu possède donc les caractères propres à un thème de recherche intéressant le Tiers-Monde, qui peut être très fondamental ou non, dans ou en dehors du « mainstream », et qui réalise une sorte de compromis entre des impératifs opposés : être à la fois proche et probablement différent des communautés scientifiques du Tiers-Monde. Il s'agit donc d'un cas représentatif proposé *de façon critique*, comme un exemple sur lequel certains pays en développement peuvent réfléchir. Ajoutons que l'échantillon retenu nous offrait une facilité d'accès à ces documents que nous n'aurions pas trouvée ailleurs.

La communauté identifiée

Tout en utilisant une information ouverte à tous, quand elle en vient à traiter des individus, la bibliométrie est une affaire délicate. Elle peut servir à l'évaluation-sanction des individus, ainsi que l'a rappelé R. Arvanitis (1984). Une telle utilisation serait d'autant plus dangereuse qu'elle n'aurait pas été prévue lors de l'établissement des critères de l'analyse bibliométrique elle-même. Si un tel détournement est fort peu probable dans le cas de notre ouvrage, reste cependant le problème des réputations individuelles à respecter. Dans notre étude, non seulement toute référence aux individus est exclue, mais *les procédés utilisés rendent impossible l'identification certaine des auteurs retenus*, même pour qui connaît bien la communauté en question.

Cette communauté est formée par des chercheurs de l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (anciennement Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, dont le sigle ORSTOM reste en usage). Tous sont *pédologues*, c'est-à-dire spécialistes de l'étude des sols. Cela correspond donc à *un domaine scientifique qui est sensiblement plus restreint* que celui constitué à partir de la base Pascal et que les chapitres précédents ont analysé. En retenant un éventail scientifique restreint dans un cadre institutionnel unique, c'est surtout la variabilité des comportements individuels qui pourra être mise à jour.

Notre recherche porte sur 61 chercheurs qui représentent les deux tiers de la communauté pédologique complète de l'institut. Ainsi n'est-il pas possible d'affirmer que tel ou tel membre des pédologues de l'ORSTOM fait ou non partie de l'échantillon étudié. D'autre part, il est facile de deviner quelle est grossièrement la période étudiée, mais sans aller beaucoup plus loin. Aucune date précise n'est donnée. Le système des publications, qui opère un décalage variable dans le temps, contribue à brouiller les cartes.

Essayons de caractériser l'échantillon étudié. Tout d'abord, année par année, le nombre d'*auteurs productifs* a été compté. Il n'a jamais dépassé 54, sur un total de 61. Cela vient du fait qu'il est possible de faire de la recherche pendant une période et de s'occuper d'autre chose ensuite. En tenant compte du nombre d'auteurs qui effectuent la recherche, nous prenons en compte les diffé-

rents « métiers » associés à la recherche proprement dite. En additionnant les années de productivité scientifique des 61 chercheurs, on obtient le total de 1 055 années. L'*âge professionnel moyen*, ou plus exactement la période moyenne d'activité de l'échantillon étudié peut donc être estimée à *dix-sept années*. Un tiers des auteurs (20 sur 61) sont titulaires d'un *doctorat* ès-sciences. Il s'agit généralement d'un doctorat d'Etat, plus rarement d'un doctorat de spécialité ou d'un diplôme de docteur-ingénieur. Il faut noter que la préparation de ces diplômes universitaires n'a jamais été considérée comme une nécessité de carrière par l'institut considéré. On peut admettre que certaines publications donnent à leurs auteurs une notoriété particulière, ou qu'elles correspondent à un travail spécialement remarquable. Nous noterons que *16 auteurs* sur les 61 ont publié au moins un compte rendu à l'Académie des Sciences. Très globalement enfin, mentionnons que huit chercheurs n'ont publié aucun texte dans une revue scientifique, que trente-deux d'entre eux ont publié dans au maximum trois revues, et que les vingt et un restants ont publié dans un nombre de journaux scientifiques compris entre quatre et douze.

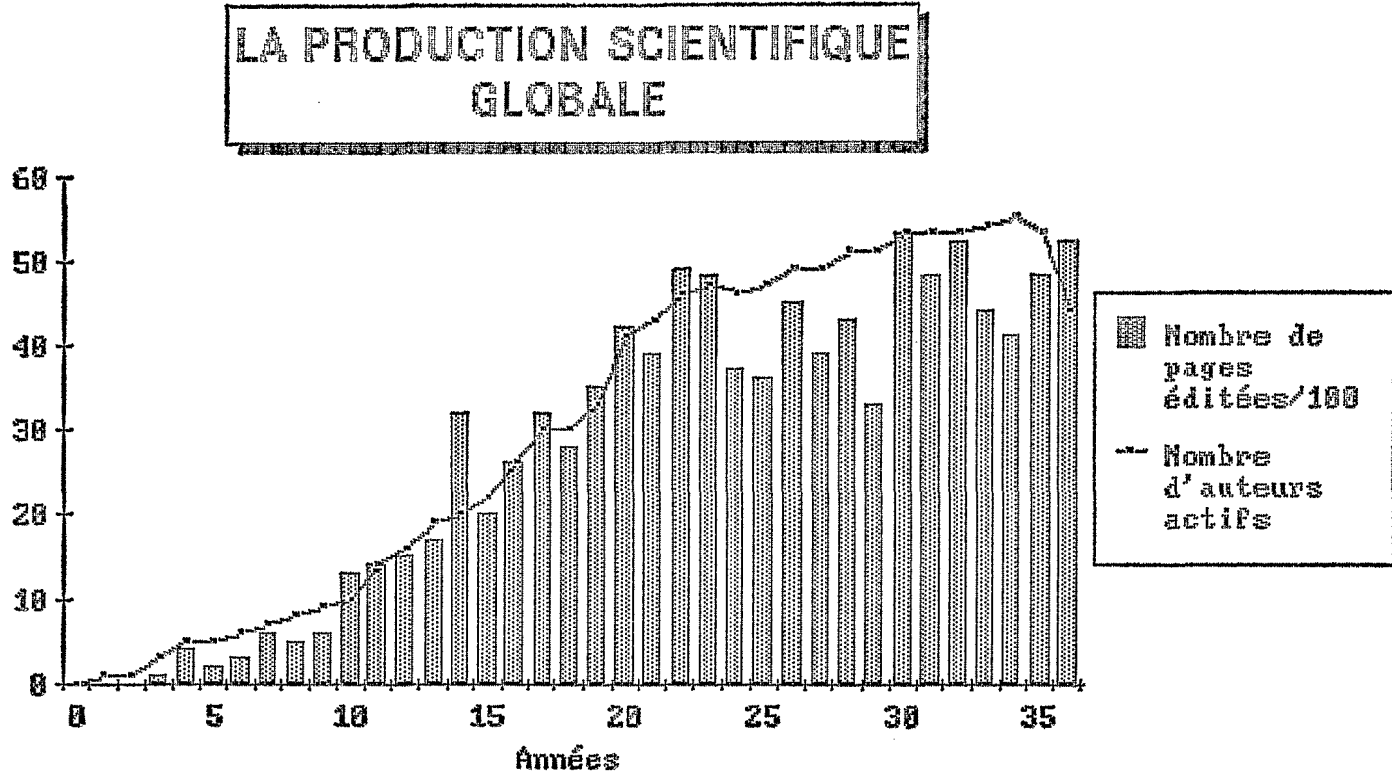
Les modes de publication

Par sa diversité, la production scientifique de l'échantillon étudié semble défier toute classification exhaustive. Le nombre des documents répertoriés s'élève à 2 884. Certains sont classiques et bien définissables : ce sont des *articles de revues* scientifiques, ou des *livres*. Les documents non conventionnels, moins faciles à classer, sont très nombreux : *comptes rendus de terrain*, *cartes avec leur légende*, *communications à des congrès* dont la publication est incertaine, ou faite seulement par un résumé. La complication s'accroît lorsque l'on constate que beaucoup d'études existent sous plusieurs formes : documents provisoires suivis par des documents édités, documents écrits en français puis traduits en anglais, etc. Lorsqu'ils établissent leur propre liste bibliographique, les auteurs eux-mêmes se perdent dans ces difficultés. Les oublis sont fréquents, certains omettent les documents considérés comme provisoires, d'autres ne citent que les publications dont ils sont le premier auteur.

Pour constituer le corpus des 2 884 références, il a fallu confronter et contrôler différentes sources. De nombreuses simplifications ont été nécessaires. D'une façon générale, nous n'avons pas retenu les documents préliminaires suivis d'une publication proche. En revanche, certains documents comme les notices de carte ont souvent reçu une première édition, multigraphiée, et ont été diffusés ainsi ; quelques années plus tard, ils réapparaissent, dans une publication véritable, après avoir été souvent remaniés. Dans ce cas, les deux documents ont été retenus, notamment pour ne pas fausser l'analyse de la production scientifique annuelle. Un autre problème est celui des études ayant plusieurs auteurs. Le choix retenu a été de les répertorier sous le nom de chacun des auteurs. Elles sont donc comptabilisées plusieurs fois. Cela gonfle bien entendu les chiffres de la production scientifique globale, mais dans une très faible proportion : peu d'études ont un grand nombre d'auteurs, très souvent l'association des auteurs ne se fait pas à l'intérieur de l'institution mais avec des personnalités extérieures. Dans ce dernier cas, la publication n'est répertoriée qu'une fois *évidemment*.

Ces différents choix et simplifications qu'il a fallu opérer n'ont en réalité

FIGURE 16



que peu d'importance. Le *principal scrupule* que fait naître l'enquête bibliométrique n'est pas là ; il *porte sur le contenu scientifique des documents*. On accepte facilement de compter de la même manière deux articles de revues, même lorsqu'il est plus que probable qu'ils n'ont pas la même valeur. Pour certains documents, les différences de contenu sont beaucoup plus considérables. Ainsi deux cartes pédologiques peuvent-elles représenter l'une l'étude détaillée mais rapide d'une petite surface, l'autre un travail de longue haleine effectué sur une région ou un pays entier. En réalité, cette diversité des contenus constitue le plus grand problème que pose une recherche bibliométrique sur la science du sol ; sans cesse réapparaît le fait que des travaux considérables peuvent être présentés dans des documents qui n'attirent pas beaucoup l'attention et qui en tout cas ne figureraient jamais dans le « mainstream » à la mode. C'est en ce sens que nous pensons que cette discipline illustre parfaitement la tension signalée en introduction de ce livre entre le « mainstream » et la publication locale, le contenu général et le contenu proche du terrain.

Toutes formes confondues, le pédologue de l'échantillon étudié « édite » de l'ordre de cent pages par an (figure 16).

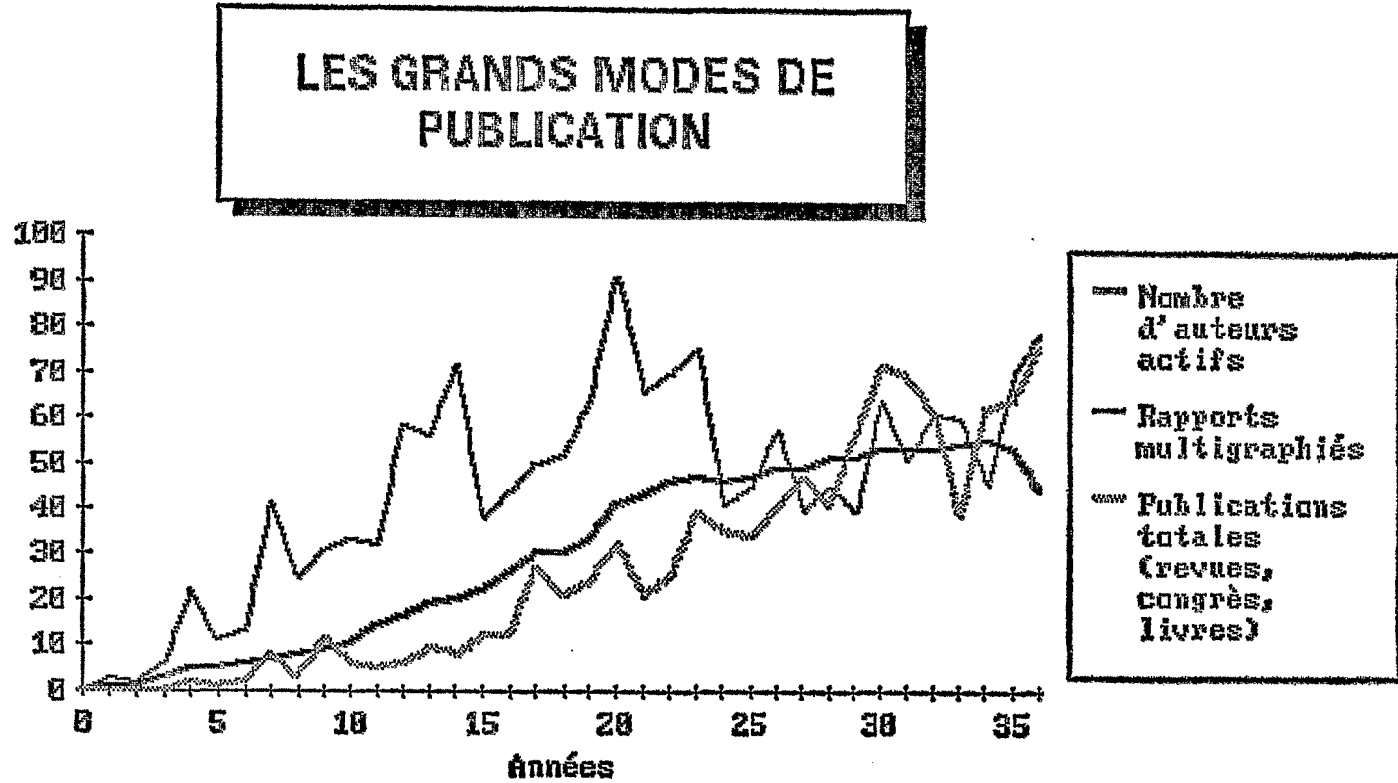
Sept catégories de références ont été constituées, selon les choix et les simplifications décrits plus haut pour caractériser la production. Les documents les plus abondants ont une forme que l'on dit « non conventionnelle ». Ce sont les *documents multigraphiés*. Dans ces documents doit se trouver une très grande partie de l'information de base. Ils suivent de très près les actions de recherche, et notamment toutes les opérations de terrain proprement dites. Leur hétérogénéité est considérable. Les uns ne représentent que quelques feuillets, les autres sont de véritables volumes.

TABLEAU 5-1
Documents multigraphiés

	Nombre de références	% du total	Nombre d'auteurs
Documents multigraphiés	1 653	57,3 %	1,6

Les deux modes les plus classiques de la transmission de l'information scientifique sont certainement les publications dans les *revues* (journaux périodiques) et lors des *congrès*. Immédiatement après les documents multigraphiés, ce sont les deux types de références les plus nombreux. Articles et présentations aux congrès sont les deux principaux modes de communication formelle au sein de la communauté scientifique, par opposition aux communications informelles (orales, et documents non publiés) qui n'ont lieu qu'au sein de réseaux de recherche constitués. L'importance des communications formelles gît dans le fait qu'elles rendent visibles les signataires à l'ensemble de la communauté des pairs scientifiques. Les articles en particulier sont une sorte de reconnaissance effectuée par les éditeurs et « referees » de la revue. Notons dès à présent deux points. La production moyenne des 61 chercheurs retenus tourne autour d'un article ou d'une communication chaque année (figurés 17 et 18). Le nombre moyen des auteurs cosignataires est de 1,9 pour les articles et de 1,8 pour les

FIGURE 17



communications aux congrès. Si l'on tient ce nombre moyen pour un *indice d'associativité*, celle-ci paraît évidemment plus faible que chez les auteurs de la Périphérie (Australie), du Sud (Inde et Brésil) et des USA, mais légèrement supérieure à ce que l'on a trouvé pour l'ensemble des scientifiques français et européens (figure 7).

TABLEAU 5-2
Articles et congrès

	Nombre de références	% du total	Nombre d'auteurs
Articles de revues	493	17,0 %	1,9
Communications aux congrès	278	9,6 %	1,8

Une importance particulière nous semble devoir être accordée à d'autres formes de la littérature scientifique. Nous avons distingué les *livres*, qui sont très souvent la publication de thèses, ou d'autres *textes de mise au point, synthèse ou réflexion*. En pourcentage de l'ensemble des références, cette catégorie représente évidemment peu de chose. En valeur absolue, en revanche, un nombre de 47 ouvrages pour un tel échantillon paraît assez important.

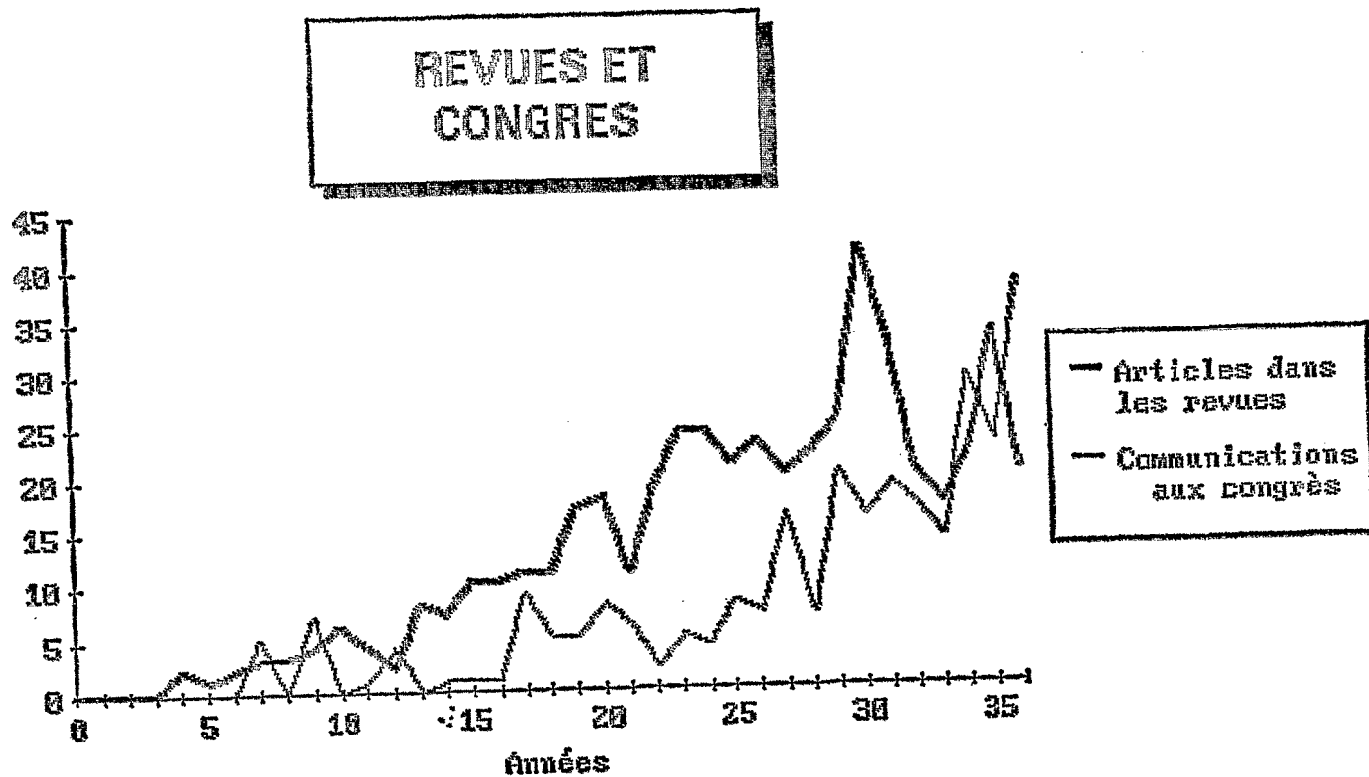
Très proches de la catégorie précédente, nous avons identifié à part les *chapitres publiés dans des ouvrages collectifs*. Une très grande variabilité apparaît dans la nature des documents. Certains sont vraiment des chapitres dans un ouvrage bien structuré. D'autres sont des cartes, notices, commentaires régionaux et thématiques inclus dans des atlas. Le grand intérêt de cette forme de publication est *de traduire une certaine notoriété des auteurs*. Ainsi, 40 % des ouvrages collectifs dont il est question ont un caractère international.

Assez comparables également aux livres et chapitres de livres ont été identifiées les *notices*. Dans la majorité des cas, ce sont des notices de cartes pédo-logiques ou de cartes d'utilisation des terres. Les textes qui accompagnent les cartes ne font pas partie des documents les plus réputés scientifiquement ; mais, ainsi que cela a été dit, ils peuvent représenter des sommes de connaissances considérables. Avec ceux liés à la cartographie ont été inclus des documents divers (beaucoup moins nombreux) : brochures techniques, fascicules indépendants, édités par certains laboratoires ou institutions de recherche, etc.

TABLEAU 5-3
Livres

	Nombre de références	% du total	Nombre d'auteurs
Livres	47	1,6 %	1,7
Chapitres	65	2,2 %	1,9
Notices	84	2,9 %	1,6

FIGURE 18



Prenant en compte l'ensemble livres-chapitres-notices (196 références en tout), nous pensons pouvoir affirmer que l'une des grandes caractéristiques de l'échantillon de chercheurs étudié est d'*avoir réalisé beaucoup de travaux fondamentaux ou en tout cas de travaux à long terme*. Cette orientation a dû se faire au détriment d'une présence plus instantanée dans les médias scientifiques. D'autres indices confirmeront plus loin ce premier jugement.

Il faut enfin parler de ce qui constitue vraiment la « *littérature grise* » : les documents de travail. Nous avons recensé très simplement ceux qui se trouvent dans les fichiers et listes bibliographiques, et non les correspondances et papiers échangés personnellement. La variété des documents est grande : on y trouve des comptes rendus divers, des notes bibliographiques, des projets de recherche, des traductions, des exposés faits lors de cours ou de séminaires. Dans leur majorité cependant, ce sont des textes de réflexion, rédigés sur des sujets qui à un moment donné ont préoccupé la communauté scientifique.

TABLEAU 5-4
Documents de travail

	Nombre de références	% du total	Nombre d'auteurs
Documents de travail	264	9,1 %	1,4

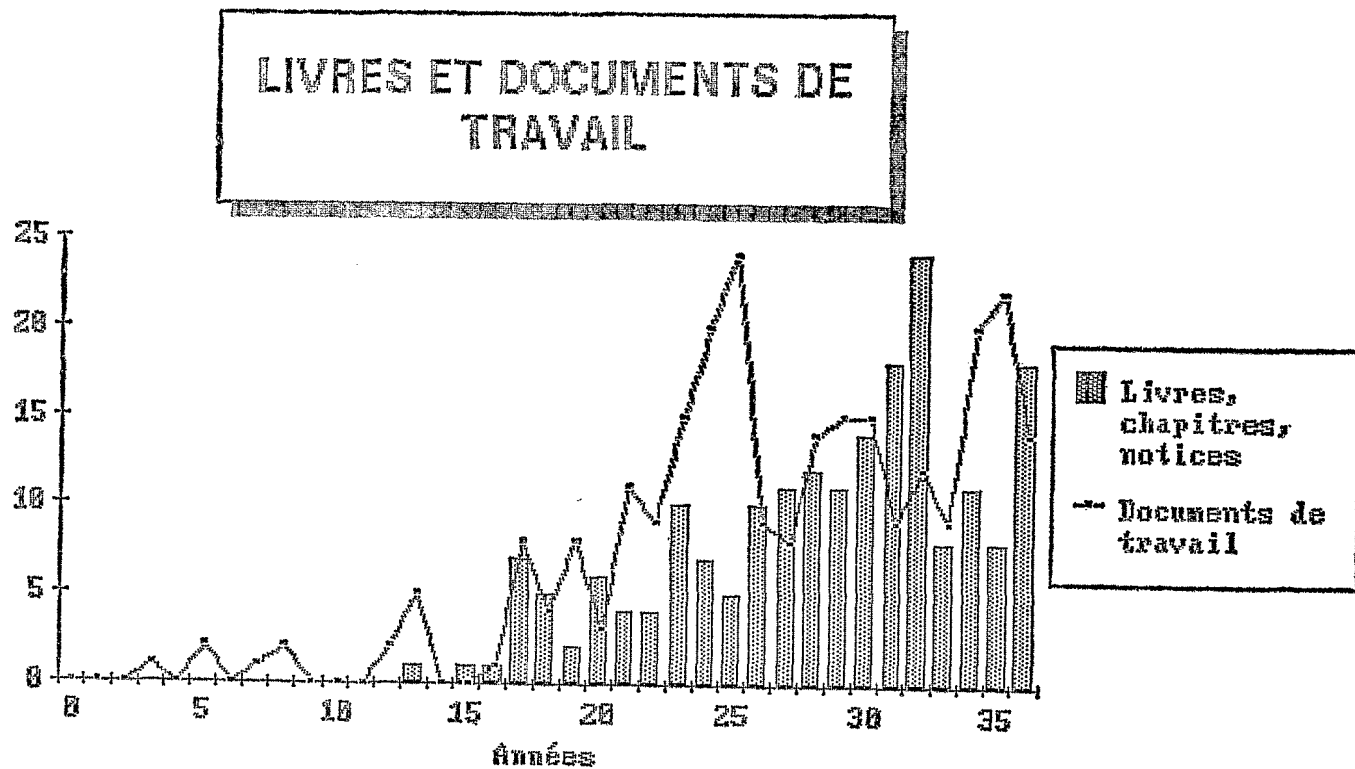
L'intérêt de cette dernière catégorie de documents est d'exprimer, d'une certaine manière, la *vie associative de la communauté scientifique*. Les chiffres globaux sont difficiles à commenter, faute de termes de comparaison. C'est au niveau des comparaisons individuelles qu'apparaissent les significations. Nous pensons que le nombre des documents de travail produit aura contribué, dans l'analyse factorielle des correspondances présentée plus loin, à départager les auteurs, en définissant plusieurs types de comportement.

Les rythmes de la recherche

De quelque manière que soit considérée la production scientifique, le problème du *temps* introduit des contraintes fondamentales. S'agit-il de l'activité annuelle d'un chercheur : les possibilités ne sont pas du tout les mêmes en début et en fin de carrière. S'agit-il du bilan d'une communauté ? Encore faut-il savoir depuis quand elle est constituée. Enfin, une évolution irréversible se produit au cours des années, car tout évolue, depuis les techniques de la recherche jusqu'aux moyens de transmission de l'information. C'est ce qui rend toutes les comparaisons très difficiles.

Nous avons étudié un groupe de chercheurs pendant la durée d'une génération scientifique. On peut considérer en effet que tout chercheur dispose, au cours de sa vie, d'une période de travail de trente-cinq ans. A une année près, c'est la durée que nous avons retenue. Il faut souligner aussi que nous avons pris cette génération scientifique pratiquement à son point de départ, c'est-à-dire au moment où elle a commencé à se constituer et pratiquement à la création de l'institut dans lequel travaillent ces chercheurs. Quelques années auparavant, il

FIGURE 19



n'y avait pas de pédologues français spécialisés dans les régions chaudes. La naissance puis le développement d'une communauté scientifique nouvelle pose certainement des problèmes spécifiques. Pour les pays du Tiers-Monde se trouvant plus ou moins dans cette situation, notre étude de cas, sans permettre de comparaison stricte, peut apparaître cependant très significative de l'émergence d'une communauté associée à une discipline.

Une remarque doit être faite pour l'interprétation des données représentées notamment par les figures 16 à 19. La production de la dernière année de l'étude, c'est-à-dire la trente-sixième, n'a pas été intégralement dépouillée. Ainsi s'explique que certaines courbes se terminent par un infléchissement inattendu. Cette dernière année a été conservée parce que, bien qu'incomplète, elle prolonge la progression amorcée dans les années antérieures par certains types de publications.

La figure 16 montre la *progression*, en nombre, de l'échantillon étudié. Rappelons une fois encore qu'il ne s'agit pas de tous les pédologues de l'ORSTOM, mais d'un certain contingent d'entre eux. La progression de l'effectif étudié est relativement régulière pendant les vingt premières années et s'infléchit ensuite. Ainsi que déjà dit, sur l'ensemble des personnes retenues il n'y en a jamais eu plus de 54 à produire des documents scientifiques, au cours d'une année donnée. Pour les toutes dernières années, alors que 61 personnes étaient en activité, il n'y avait donc que neuf sur dix ayant une production scientifique.

On peut admettre que le nombre de pages éditées chaque année (tous types de documents confondus) donne une certaine mesure de la production scientifique globale. Cela se vérifie pour les vingt-trois premières années, pendant lesquelles, en moyenne, chaque auteur a écrit une centaine de pages. Une rupture brusque se produit ensuite, le nombre de pages éditées devient irrégulier : première mise en évidence d'un changement dans les manières de travailler et dans la valeur accordée aux différents types de publications.

Avec des courbes en « dents de scie », les trois figures 17 à 19 mettent en évidence beaucoup plus clairement que la précédente ne le fait (pour la période au-delà de la vingt-troisième année) la *variabilité interannuelle* de la production scientifique. De multiples raisons certainement font fluctuer, d'une année sur l'autre, le nombre des publications. Des tranches de deux à trois années correspondraient sans doute mieux au rythme normal du travail scientifique et donneraient des courbes plus régulières.

Toutefois, certaines grandes irrégularités semblent échapper à la variabilité normale. Il faut supposer que certains événements réagissent fortement sur la production des documents scientifiques. On comprendrait par exemple que les événements qui ont agité l'année 1968 aient eu un effet dépressif sur les publications françaises ou que, en d'autres occasions, la création d'une nouvelle revue, d'une nouvelle collection de livres ait joué un rôle stimulateur. Seule une enquête sur l'histoire de l'institution permettrait d'identifier les événements réels.

Sans proposer d'interprétation, puisque nous ne disposons pas de cette histoire ni ne l'avons faite, nous pouvons remarquer que les vingt-neuvième et trentième années de notre période ont été des années fastes, de forte production. Au contraire, les environs de la trente-troisième année ont été fortement dépressifs. L'examen des courbes et de leurs principaux « pics » laisse supposer aussi que les événements négatifs ont surtout un *effet retardateur*. Il est peu probable en effet que des auteurs abandonnent purement et simplement un travail

achevé. Les faibles productions éditoriales de la vingt et unième année, ou de la trente-troisième, par exemple, peuvent expliquer les remontées en flèche qui les suivent. Néanmoins, il faut retenir que la production scientifique réagit instantanément à des circonstances dont on pourrait essayer d'analyser la nature.

La variabilité interannuelle et celle, plus aléatoire, liée à des circonstances extérieures ne masquent pas l'évolution générale qui s'est produite au cours de la durée d'une génération scientifique. Vers la seizième et la dix-septième année, la « publication » véritable (articles, congrès, livres) a pris nettement de l'importance. Un premier seuil est franchi. Quelques années plus, il est manifeste que le document « multigraphié » a perdu de sa valeur ; s'il reste toujours en usage, pour des raisons diverses (rapidité de réalisation, diffusion restreinte, étape d'un travail à long terme), il est certain que *les chercheurs se préoccupent de publier beaucoup plus qu'avant*. A la vingt-neuvième année, un nouveau seuil est brusquement dépassé : les auteurs en activité ont réalisé plus d'une publication chacun (en moyenne). Par la suite, à part certaines années dépressives, cette production augmente encore. Notons par exemple (à la trente-deuxième année) la publication de six livres véritables, onze chapitres de livres, cinq notices (figure 19).

L'évolution des médias scientifiques apparaît très bien dans la comparaison du nombre des articles de revues et du nombre des communications faites aux congrès (figure 18). Vers la douzième ou treizième année, la publication dans les journaux scientifiques a commencé à devenir vraiment importante et à s'accroître régulièrement. S'ils ont toujours existé, les congrès en revanche ne sont devenus un moyen de communication courant que beaucoup plus tard. De la dix-septième à la vingt-cinquième année, ils sont encore très irréguliers. Par la suite, les communications aux congrès se font de plus en plus nombreuses. A la trente-quatrième année pour la première fois, numériquement, *les rencontres scientifiques deviennent un moyen de transmission de l'information plus important que les périodiques*.

Le bilan de la production d'une génération scientifique, que nous venons de résumer schématiquement, peut-il servir d'exemple ? Chacun se fera son opinion. Notre étude de cas introduit *la notion du temps nécessaire* pour assurer le développement d'une communauté scientifique.

La question internationale

Le problème de la place des communautés scientifiques dans le contexte mondial se pose avec insistance. La plupart des études de bibliométrie que nous avons citées dans les premiers chapitres sont focalisées sur cette question. Ce faisant, elles ont fait apparaître d'importantes disparités entre disciplines ; les sciences agronomiques, d'une façon générale, sont considérées comme étant moins internationalisées que les autres. Il faut maintenant considérer le cas de notre groupe de 61 spécialistes des sols.

Voici tout d'abord comment se répartissent *les articles* publiés dans les journaux scientifiques, que nous classons en trois grandes catégories. Nous essaierons ensuite de caractériser plus précisément de quels types de périodiques il s'agit, dans les trois catégories.

TABLEAU 5-5
Répartition de la publication d'articles en % de la production d'articles
de l'échantillon

francophones	<i>Périodiques</i>	
	latino-américains	internationaux
92,6 %	3,4 %	3,8 %

Nous définirons un premier groupe de *périodiques français*, qui sont tous connus, répertoriés par les bases documentaires françaises, et auxquels tous les auteurs francophones ont un accès facile. Il y en a trente et un. Ces différents périodiques ont chacun leur thématique. Pour le chercheur qui veut placer ses travaux, ils constituent donc des « cibles ». Largues ou étroites, ces cibles sont plus ou moins faciles à atteindre, et elles confèrent aux auteurs une plus ou moins grande « visibilité » au sein de la communauté scientifique.

La cible la plus facile à identifier est constituée par les *journaux agronomiques*, qui sont nombreux et souvent orientés vers les questions tropicales. Beaucoup de pédologues ont effectivement publié dans ce genre de revues, profitant des facilités offertes par :

Annales agronomiques - Agronomie tropicale - Fruits - Cotons et fibres tropicales - Riz et riziculture - Fertilité, etc.

Une autre cible très pratiquée est formée par les *revues de pédologie*. Si la thématique est tout à fait spécifique, le nombre de revues existantes est beaucoup plus faible que dans le cas précédent. C'est ce qui explique que certains auteurs ont placé toute leur production parfois dans la première seulement, parfois dans les deux revues :

Cahiers ORSTOM, série Pédologie
Science du sol (Bull. Ass. Fr. Et. Sol)

Les autres cibles sont nettement moins utilisées, quantitativement. On identifie cependant le thème *géochimie-minéralogie du sol* dans des journaux comme :

Science géologique, Bulletin (Strasbourg)
Bulletin du Groupe français des Argiles, etc.

Certains auteurs se sont orientés vers la *biologie*, souvent dans des travaux en collaboration avec des chercheurs extérieurs. Beaucoup de revues sont disponibles, dont par exemple :

Revue d'Ecologie et de Biologie du sol - Pedobiologia
Adansonia - Acta oecologica, etc.

Beaucoup plus rares, enfin, apparaissent des publications faites dans des revues de *géographie* (nombreuses), *hydrologie* (rares), *cartographie* (plus techniques que scientifiques), etc.

Nous définirons maintenant un deuxième groupe de périodiques qui sont francophones, et non seulement français, mais qui sont beaucoup moins bien diffusés que les premiers. Nous en avons recensé vingt. L'hétérogénéité de ce groupe est grande.

Il y a tout d'abord des *publications de pays africains francophones*, qui sont sans doute de bonne qualité, mais dans lesquelles les auteurs que nous étudions n'ont publié que de façon occasionnelle et non systématique. On peut citer à titre d'exemples :

Annales de l'Université d'Abidjan - Terre malgache - Revue de géographie du Cameroun - Etudes sénégalaises.

Enfin, beaucoup de revues identifiées lors de nos dépouillements ont existé dans un contexte ancien et tout à fait périmé (exemple : *Bulletin de l'Institut d'études centrafricaines*), ou sont surtout des organes de liaison (exemple : *Bulletin de l'Association sénégalaise pour l'étude du quaternaire*).

Classées dans la deuxième catégorie de notre tableau, les *revues latino-américaines* sont au nombre de dix. Certaines sont assez largement connues (*Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, *Boletin de la Sociedad Ecuatoriana de Ciencia del Suelo*). Mais manifestement, les auteurs ORSTOM qui ont publié dans ces périodiques sont ceux qui travaillent dans le continent sud-américain. On n'y trouve pas d'études réalisées ailleurs, en Afrique par exemple.

Placés dans la troisième catégorie, les *périodiques internationaux* sont peu nombreux. En comptant deux cas marginaux (*Sols africains*, *Soil Bulletin - FAO*), ils ne sont que huit. Un petit nombre d'articles réalisés par les pédologues considérés se trouvent dispersés dans des revues de grande qualité et de haut prestige comme :

Geochemica and Cosmochemica Acta - Clay Minerals
Zeitschrift für Geomorphologie, et al.

La situation est tout à fait différente lorsque l'on considère les *communications faites dans les rencontres scientifiques* (congrès, etc.). C'est ici le *niveau international* qui est très largement dominant. Voici comment se distribue, en trois grandes catégories, ce que nous appellerons (par simplification) les « congrès » :

TABLEAU 5-6
Répartition des communications en % des communications à congrès
de l'échantillon

<i>Congrès</i>		
francophones	latino-américains	internationaux
23,3 %	15,1 %	61,5 %

Rapprochons deux chiffres : les auteurs étudiés publient dans des revues qui sont à 92 % francophones et font des communications dans des rencontres à 61 % internationales. Ceci montre bien que la publication joue un rôle différent de la communication aux congrès. Celle-ci joue sans doute un rôle plus actif, *plus lié au travail lui-même qu'au système d'évaluation.*

Il nous semble que ces données doivent introduire une réflexion sur ce que l'on appelle trop facilement « insularisation », « provincialisme », « in-breeding » ou même « enkystement ». L'échantillon étudié donne souvent l'exemple de la mobilité. Le dépouillement des références une à une provoque parfois un certain étonnement. Il n'est pas rare de voir un auteur se déplacer d'un congrès à l'autre, travailler dans des pays variés, pour finalement rédiger des articles pour une revue strictement française. Ainsi nos chercheurs semblent d'un côté se retrancher dans l'édition française et de l'autre communiquer assez facilement dans les congrès internationaux. Cette contradiction n'est peut-être qu'une apparence.

La notion de « cible » que nous avons introduite plus haut propose une façon de reconsidérer le problème. Tout d'abord, au sein même de l'édition française, nous avons montré (rapidement) que les possibilités ne sont pas les mêmes selon les thèmes. Elles sont relativement larges pour une étude agronomique, et relativement étroites pour une étude pédologique. Il est probable que les revues internationales *sont sélectives non seulement en qualité, mais par les thèmes acceptés.* Elles ne sont pas forcément des cibles adéquates.

On peut remarquer que la notion de cible ne fait intervenir que le contenu scientifique et le public auquel il est destiné. Un autre critère, primordial aux yeux de certains sociologues, est la recherche de la reconnaissance. Rappelons une observation faite par L. Velho (1985) au sujet des chercheurs brésiliens. Ceux-ci ne tentent pas de publier à l'étranger ni même hors des revues « maison », car c'est par les publications internes que leur travail est reconnu au niveau des instances d'évaluation. Publier hors de la « maison » demande un effort supplémentaire et qui n'est reconnu par personne au sein de l'institution. Dans le cas de l'institution que nous étudions, on peut formuler l'hypothèse que les revues françaises sont celles d'accès le plus facile, et qu'elles procurent aussi une bonne reconnaissance du travail.

L'exemple donné par cet échantillon de chercheurs nous semble éloquent. Il montre que des choix peuvent être faits sans nécessairement chercher à tout prix l'insertion dans le « mainstream ». Il n'est pas question de faire l'apologie de la recherche française, dont certaines faiblesses sont apparentes (faible pouvoir d'attraction de son édition, et probablement insuffisance des efforts pour organiser des rencontres internationales). Nous ne cherchons pas non plus à l'amoindrir. Ce qui importe en définitive n'est pas le jugement de valeur mais d'analyser un cas qui puisse servir de réflexion pour définir une politique scientifique et éditoriale dans des pays en développement.

A la base de notre analyse se trouve la définition de plusieurs types de documents scientifiques : du rapport multigraphié à la communication dans un congrès international. Il est évident que chaque type de document a sa fonction propre : archiver un certain travail, donner une visibilité à l'auteur d'une recherche, etc. Nous n'avons pas porté jusqu'à présent beaucoup de jugements de valeur sur ces documents ni sur les rôles qu'ils remplissent. Néanmoins, il est tout à fait certain que les auteurs poursuivent des stratégies différentes, par

nécessité, goût personnel, aptitude, ou pour toute autre raison, et que *l'éventail des documents rédigés exprime ces stratégies*.

Cela va être vérifié par une analyse factorielle des correspondances prenant en compte la totalité des références retenues, et qui servira à proposer *une typologie des auteurs*. Les données de base retenues, pour caractériser individuellement chacun des 61 auteurs, correspondent aux rubriques codées C 1 à C 10 dans le tableau ci-dessous (et dans la figure 20). Les premières rubriques du tableau, qui ne portent pas de code, ne sont pas intervenues dans les calculs de

TABLEAU 5-7
Variables et codage pour l'analyse factorielle

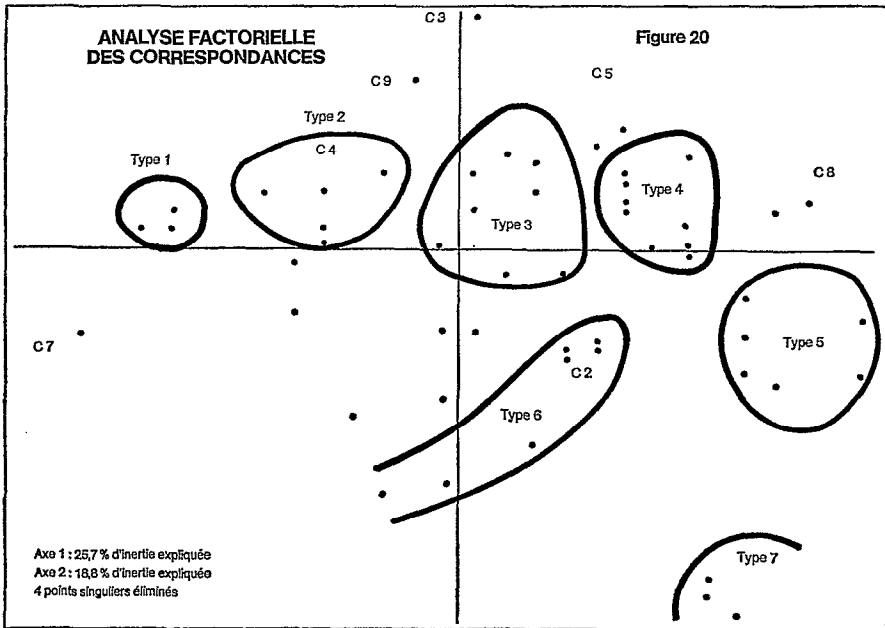
Code	Rubriques	Variabilité
	— Doctorat ès-sciences	oui ou non
	— Nombre de communications à l'Académie des Sciences	0 à 5
	— Nombre de revues scientifiques (ayant publié un ou plusieurs articles de l'auteur)	0 à 12
C 1	Période de travail (nombre d'années)	2 à 34
C 2	Documents multigraphiés (nombre)	2 à 98
C 3	Livres »	0 à 5
C 4	Articles de revues »	0 à 30
C 5	Communications aux congrès »	0 à 22
C 6	Documents de travail »	0 à 21
C 7	Chapitres de livres »	0 à 5
C 8	Notices »	0 à 5
C 9	Parmi les documents précédents, nombre de ceux ayant un caractère international	0 à 22
C10	Nombre total de pages éditées	100 à 3373

l'analyse factorielle ; elles ont été utilisées pour préciser les interprétations. De tous les tableaux numériques, classifications hiérarchisées et projections graphiques sortis des ordinateurs, nous ne reproduisons que les éléments de la figure 20.

La principale difficulté de l'analyse pourrait provenir de l'inégalité dans la durée de l'activité scientifique de chaque auteur. Si l'on considérait les chiffres bruts, la typologie des chercheurs se ferait dans une grande mesure en fonction de leur âge. C'est pourquoi les valeurs brutes inscrites en chaque rubrique ont été divisées par le nombre d'années d'activité.

L'analyse factorielle confirme que *l'effet de l'âge est très largement éliminé*. C'est ainsi que le caractère « période de travail » (C 1) n'apporte aucune contribution significative sur les quatre premiers axes, ceux-ci représentant pourtant 74 % de l'inertie expliquée. Dans le détail, on peut noter que les périodes de travail moyennes des auteurs réunis dans les types 1 à 5 de la figure 20 sont respectivement : 19, 25, 19, 20 et 19 ans. Il n'y a vraiment que les très jeunes auteurs qui se trouvent groupés et repoussés au bas de la figure 20 (type 7).

Chaque année, *les auteurs remplissent des nombres de pages assez compa-*



rables ; cette rubrique n'a pas un très grand pouvoir discriminant dans l'analyse factorielle. En revanche, beaucoup d'auteurs n'ont publié aucun livre, certains en ont publié un, rares sont ceux en ayant publié davantage. *La contribution représentée dans l'analyse par un seul livre est donc très importante.* Il est à noter que ce livre est généralement dans notre échantillon la publication d'une thèse, généralement d'Etat. Il s'agit donc d'un travail à long terme et certainement plus important aux yeux de l'auteur qu'un document multigraphié ou qu'un simple article.

D'une certaine manière, l'analyse fait apparaître les aspects qualitatifs. *Les publications importantes sont les livres, les chapitres de livres, les notices.* L'analyse montre très bien que ces publications n'ont pas la même signification scientifique : elle oppose, par exemple, sur un même axe, chapitres de livres (signes de notoriété scientifique, selon notre interprétation) aux notices (en majorité travaux de terrain, de moindre prestige) (voir les positions de C7 et C8 sur la figure 20).

L'analyse factorielle montre à très juste titre que les comportements sont variables mais qu'il n'y a pas entre eux de barrières rigoureuses. Les points représentant les auteurs sont assez largement dispersés (même dans les projections à deux dimensions). Néanmoins se dessinent un certain nombre de regroupements qui semblent tout à fait justifiés, quand on complète l'analyse par les quelques critères non codés du tableau précédent (doctorats, etc.) et surtout lorsque l'on parcourt les bibliographies des chercheurs représentés.

Pour décrire et commenter en détail l'analyse factorielle réalisée, il faudrait un chapitre entier de ce livre. Nous simplifions en présentant, à partir de la figure 20 (axes 1 et 2, soit 44,5 % d'inertie expliquée), les types suivants :

- Type 1* : ce sont les chercheurs les plus conformes à l'idéal du « mainstream ». Leur production scientifique est distribuée dans des revues variées. Ils fréquentent activement les congrès et ont un caractère international marqué. Tous sont docteurs ès-sciences.
- Type 2* : les chercheurs de ce groupe ne sont pas très différents des précédents. Leur production est davantage marquée par de gros ouvrages (trois, quatre ou cinq livres pour certains). Tous ne sont pas (ou pas encore) docteurs ès-sciences.
- Type 3* : ce groupe correspond sans doute à une situation d'équilibre, qui ne répond pas à une stratégie unique. Les différences entre les auteurs sont assez grandes. Tous ont une production scientifique abondante et certainement de qualité. Beaucoup sont docteurs ès-sciences.
- Type 4* : on pourrait définir ce groupe comme étant celui d'un certain « in-breeding » mais de haute qualité. Les auteurs ne semblent pas préoccupés d'améliorer leur visibilité par la diversité des médias. Leur production scientifique est très « ciblée ». Beaucoup de notices ont été publiées. Les doctorats sont nombreux.
- Type 5* : c'est l'opposé du premier type. Les auteurs n'ont pas recherché le prestige scientifique. Ils publient peu. Leurs ouvrages principaux sont du type des notices de carte. Mais pour certains le type 5 représente peut-être une position d'attente, avant la thèse par exemple.
- Type 6* : le groupement des auteurs est assez flou. Sur le plan scientifique, la situation de beaucoup paraît marginale. Sans doute certaines circonstances extérieures pourraient-elles l'expliquer.
- Type 7* : il s'agit de chercheurs qui n'ont encore eu que très peu de temps de travail. Leur personnalité scientifique n'est pas encore définissable.

Nous pouvons clairement rapprocher les niveaux individuel (micro) et géopolitique (macro) de notre analyse. On peut considérer que les types 1 et 2 correspondent à *la volonté de participation internationale*. Les types 3, 4 et 5, par la prépondérance donnée au *terrain* et à la *publication locale*, représentent la stratégie opposée. C'est la même dualité qui s'exprime au niveau des chercheurs et au niveau des pays.

Pour conclure, deux caractères doivent être soulignés. C'est d'une part la diversité des choix au sein de l'échantillon que nous avons étudié. La diversité est d'ailleurs une caractéristique de toute communauté scientifique (voir H. Reuter, P. Tripier et al., 1978). D'autre part, il faut reconnaître les capacités d'adaptation des chercheurs : les comportements ont beaucoup évolué au cours du temps. L'examen des bibliographies individuelles montre que certains auteurs ont changé rapidement de style de travail, en passant d'Afrique en Amérique latine, par exemple. L'adaptation aux conditions extérieures est une chose ; la mobilité thématique et pluridisciplinaire en est une autre, qui n'est pas abordée ici.

CHAPITRE VI

L'ANALYSE DES CONTENUS SCIENTIFIQUES

Jusqu'ici nous n'avons utilisé la littérature scientifique qu'en ce qu'elle a de plus statistique. Nous avons compté et classé les documents en fonction de critères externes à leur contenu. C'est la *production scientifique* qui nous a préoccupés, non la *connaissance scientifique*. Dans ce chapitre, nous allons introduire une méthode qui nous rapprochera des contenus, de la connaissance, nous éloignant des indicateurs purement quantitatifs. Nous examinerons, outre les points de méthode, la signification des mots clés et les informations que nous révèlent les mots sur les orientations thématiques des pays. Cela nous prépare à l'étude thématique d'ensemble qui ne se fera qu'au chapitre suivant.

Les citations

Avant d'exposer le détail technique de la méthode que nous allons personnellement appliquer, nous tenons à rappeler qu'il existe une autre méthode automatisée pour exploiter la littérature scientifique. Il s'agit de l'*analyse des cocitations*, qui vise le même objectif que nous : dessiner la carte intellectuelle d'un champ scientifique.

Elle se fonde sur les citations de divers documents qui sont effectuées à l'intérieur d'un article. L'auteur de l'article utilise ces références pour appuyer son argumentation, évoquer des résultats antérieurs, etc. Il s'agit d'un procédé utile au lecteur, car il lui permet de vérifier certaines affirmations, de retrouver d'autres travaux, et il est utile à l'auteur qui s'en sert généralement pour justifier ses propres affirmations.

Historiquement, cette méthode des cocitations a précédé (Small et Griffith, 1974) celle que nous allons employer. Elle a été développée par l'équipe de l'ISI qui produit également le *Science Citation Index* et qui a instauré ce débat sur le « mainstream » dont nous parlions dans les chapitres antérieurs. Initialement, E. Garfield prétendait que les décomptes des citations que reçoit un article sont un indicateur de la qualité du travail en question. Et d'en venir à faire le hit-parade des articles les plus cités du monde, dans la revue *Current Contents* ! Cette utilisation des citations a été fortement critiquée.

Premièrement, les citations sont effectuées pour des raisons parfois obscures. Certaines d'entre elles sont des reconnaissances de dette intellectuelle ; d'autres ne sont que des « renvois d'ascenseur » ou des références obligatoires à des travaux d'un patron de thèse ou à des chercheurs réputés. Il existe aussi des références purement ornementales. Jacques Ninio a pu montrer que certains articles recevaient un nombre démesuré de citations non en raison de leur qua-

lité mais plutôt parce que s'y trouvait décrite une méthode d'analyse biologique fort commune mais pas très originale. D'autres articles considérés par tous comme fondamentaux dans une discipline donnée ne reçoivent que peu de citations, en raison même de leur originalité.

Deuxièmement, la sélection de la littérature « citante » est un problème délicat. L'ISI retient évidemment le « mainstream », avec tous les défauts que nous avons exposés à ce sujet. De plus, même une bonne base documentaire ne saurait pas refléter entièrement la production scientifique d'une équipe donnée.

Troisièmement s'ajoute un problème technique. La seule base documentaire du monde à répertorier les références est celle de l'ISI. Si l'on veut échapper à ses biais, il faut opérer manuellement, travail ingrat, long et coûteux.

Un autre inconvénient est que l'analyse des citations ne peut avoir lieu que sur des documents qui en comportent. Ce n'est pas le cas de la plupart des documents dits « non conventionnels », c'est-à-dire des rapports, des brevets européens (les brevets américains contiennent des citations). *La citation ne peut être employée en bibliométrie que là où cette pratique est couramment utilisée.* Tous les documents considérés intermédiaires entre la recherche et sa publication finale font un usage plus modéré des citations. Or nous avons pu voir l'importance de ces documents pour qualifier une communauté particulière (chapitre V).

La contestation de la signification que portait Garfield aux citations a obligé ce dernier à tempérer son jugement — mais non son ardeur à défendre la base documentaire et son utilisation. Dans un livre de présentation de l'utilisation des citations, il précise qu'elles mesurent *l'impact d'une recherche, non sa qualité* (Garfield, 1979). Cependant, nombre de connaisseurs de ce type de travaux pensent que cela est insuffisant, et que tant que nous ne disposerons pas d'une « théorie de la citation », il sera vain de chercher des explications satisfaisantes (Dereck de Solla Price, 1978).

Le paradoxe est que cette « théorie des citations » s'est constituée à partir de travaux qui cherchaient à éviter un emploi aussi brut que celui proposé par Garfield. Ainsi s'est précisé le sens qu'il faut attribuer aux citations. *Les citations ne sont qu'une façon parmi d'autres de faire référence à des travaux précédents.* Ainsi, toutes les lois « nominatives » (loi de Newton, courbes de Gauss, etc.) sont aussi des références. Il faut remarquer aussi que les citations sont un repère d'autant plus fiable et pertinent que le champ de recherche est stabilisé, codé, fait partie de la « science normale » selon le terme de T. S. Kuhn. *La citation n'est un bon repère que si le champ en question n'est pas en train de se modifier et si les institutions qui émettent les jugements d'évaluation fonctionnent sans à-coups.*

Cela signifie que les citations sont un procédé qui met en jeu le fonctionnement institutionnel de la recherche. Elles sont donc plus un indicateur du fonctionnement des instances d'évaluation des revues et de la communauté scientifique que des repères cognitifs du sujet de recherche. Comme le remarquent M. Callon et alii (1983), il y a donc un paradoxe à vouloir élucider des structures cognitives à partir d'une pratique sociale.

En effet, la méthode des cocitations prétend cartographier les disciplines scientifiques, non à partir de simples comptages des citations, mais au moyen d'indicateurs construits à partir de décomptes de coapparition de citations dans un même document, les *cocitations* (H. Small, 1977). De cette façon, on peut

construire des grappes d'articles qui sont cités ensemble (des « clusters » d'articles). Cette méthode a le mérite de réduire nombre des incertitudes qui pèsent sur un décompte simple des citations. Cependant, elle n'échappe pas à la plupart des limites que nous avons déjà mentionnées. Elle s'applique fort bien à des champs fortement structurés. C'est peut-être pour cette raison que, comme le signalent H. Small et ses collaborateurs, les changements dans la forme des grappes d'articles sont extrêmement difficiles à interpréter. Seuls les changements de grande envergure sont détectables. Or il a été dit et répété que la science est avant tout accumulation de changements de faible envergure. Les domaines où un changement majeur est bien identifié sont très rares. A ce sujet, nous pouvons signaler à la suite de Lawrence Busch que cette vision de la science est marquée, comme nombre de travaux de sociologie et d'histoire des sciences, par le paradigme de la physique, et plus spécialement de la physique des hautes énergies.

Afin de compléter leur méthode et d'identifier plus précisément le contenu des grappes d'articles, Small et son équipe proposent l'étude des « contextes de citation » (Small et Greenlee, 1980), c'est-à-dire des textes qui entourent immédiatement une référence. Il s'agit ainsi de voir dans le détail dans quel contexte sémantique a lieu la citation. Outre que cela enlève beaucoup de rapidité à la méthode (il faut lire les articles), ce procédé d'identification du contenu entraîne quelques difficultés, recensées par M. Callon et alii, que nous citons in extenso ci-dessous.

« Cette analyse privilégie les mécanismes de capitalisation des connaissances au détriment de l'analyse de la formulation des problèmes de recherche ; l'organisation conceptuelle des articles "citants" est arbitrairement réduite au contenu conceptuel des quelques articles visés, alors que de nombreux concepts utilisés ... ne sont pas identifiés par les citations ; elle accorde une grande importance à la dimension explicite des paradigmes, surestimant le degré de consensus, notamment lorsqu'il s'agit de découvrir dans le texte des articles "citants", les liens logiques établis entre les contenus des articles "cités" (exercice qui est d'ailleurs loin d'être évident lorsque dans l'article "citant" les références sont très éloignées les unes des autres) » (Callon, Courtial, Turner et Bauin, 1983, p. 196).

A ces objections nous voulons ajouter qu'en privilégiant une *conception* « consensuelle » de la recherche, la méthode des cocitations ne peut pas rendre compte de la construction du consensus. Les citations sont en effet un indicateur d'impact, certes, mais de savoirs établis. Avant d'atteindre cette étape, le savoir doit être construit — socialement et intellectuellement —, ce qui ne se fait pas à travers la seule acceptation par les « pairs » scientifiques. Ainsi, les changements des « clusters » ne sont pas représentatifs de changements conceptuels car « l'autorité scientifique peut être renouvelée indépendamment du contenu scientifique » (Callon et alii, 1983).

La méthode des co-occurrences de mots associés

Un texte scientifique (comme n'importe quel autre texte) est évidemment composé de mots. Pour un auteur scientifique, convaincre n'est pas une opération anodine, et organiser un texte (c'est-à-dire la pensée discursive), c'est *mettre en œuvre les ressources du langage pour emporter l'approbation — ou*

du moins le respect — du lecteur et empêcher que ne soit réfutée l'argumentation de l'auteur. Afin de servir cette nécessaire stratégie de la conviction, on peut penser que les mots sont choisis avec attention par l'auteur : il va ainsi *canaliser l'intérêt du lecteur*. John Law (1982) a étudié cette construction de l'argumentation. Il a notamment montré que le choix des mots se fait effectivement en fonction des intérêts que l'on veut défendre et de ceux que l'on cherche à capter (Callon *et alii*, 1982). Le mécanisme essentiel est celui de l'association des mots.

Nous allons donc tenter de décrire *les réseaux de mots qui sont associés*. Nous chercherons à en donner une représentation graphique simple : ceci doit permettre de « voir » une cartographie du substrat intellectuel des sciences du sol et de l'agriculture dans les PED (chapitre VII). En principe, tout mot peut donner naissance à une multiplicité d'associations ; ou encore, les associations peuvent être dues au hasard. Mais en pratique, pour au moins deux raisons, cela n'est pas le cas. Premièrement, les mots appellent d'autres mots particuliers qui sont choisis selon la stratégie de l'auteur. Deuxièmement, quand nous allons examiner de près les associations de mots, nous le ferons non pas avec tous les mots d'un texte mais avec les seuls mots clés, d'une part, et au-dessus d'un certain seuil d'association, d'autre part.

Le traitement sera effectué en employant les programmes Leximappe mis au point par le Centre de sociologie de l'innovation de l'École des Mines de Paris et le Centre de documentation scientifique et technique du CNRS qui produit aussi la base Pascal. Quelques renseignements techniques sont maintenant nécessaires.

L'indice d'équivalence mesure, comme son nom l'indique, la relation d'équivalence entre la cooccurrence de deux mots en fonction de leur occurrence. Si l'on note C_{ij} , la cooccurrence entre i et j , et C_i , C_j leur occurrence, l'indice peut s'écrire sous la forme :

$$E = \frac{C_{ij}}{C_i} \times \frac{C_{ij}}{C_j} = \frac{C_{ij}^2}{C_i \times C_j}$$

Tous les liens entre les mots dont l'indice dépasse un certain seuil P donné seront retenus. Seuls ces liens seront visualisés sur la carte. De la sorte, on peut interpréter chaque lien comme ayant un indice P fois supérieur ou égal à ce que l'on pouvait attendre d'après les fréquences individuelles.

Cet indice *n'est pas structuré dans l'espace* puisque nous n'utilisons pas une métrique de projection sur le plan. Nous pouvons donc placer les mots en fonction de la seule lisibilité des graphes. Il est symétrique et permet de détecter les relations d'association des mots clés de manière très fiable.

Dans les graphes (chapitre suivant) issus des liens entre les mots clés, nous pouvons observer plusieurs types de relations. Tout d'abord les ensembles de mots tous reliés entre eux (ce qui s'appelle des composantes connexes dans la théorie des graphes). Ces ensembles, relativement petits, constituent (en théorie tout au moins) des « *problèmes de recherche* ». Nous pouvons distinguer également des chaînes de mots. Il s'agit (toujours en théorie) de « *lignes thématiques de recherche* ». Ces lignes de recherche sont différentes des ensembles de mots en ce que les intérêts sont impliqués les uns par les autres au-dessus du seuil

choisi. Ce sont donc des cheminements quasi obligés (un mot en appelle un autre, une recherche en appelle une autre). Certains mots servent de connecteurs entre lignes thématiques ou entre problèmes. Ce sont là des « *mots relais* » qui assurent les voies de passage entre ensembles de recherche différents. Enfin, il existe des mots qui assurent des *aiguillages* sur diverses lignes thématiques ou sur plusieurs problèmes de recherche ; ce sont des « *mots pôles* » qui indiquent des intérêts de recherche plus diversifiés. Telle recherche représentée par tel mot mènera à plusieurs types d'autres recherches.

Nous venons d'exposer les principaux cas théoriques que peuvent faire apparaître les graphes. Nous verrons plus loin que, au moment de l'interprétation, il ne paraît pas toujours souhaitable de donner une signification rigide aux structures formelles. C'est là la qualité essentielle d'une représentation sous forme de cartes : elle autorise une interprétation plus souple.

La signification des descripteurs

Avant d'examiner des Leximappes, il est nécessaire de savoir sur quel type de descripteurs (ou mots clés) les cartes thématiques sont construites. Le traitement informatique fournit les documents nécessaires à ce travail préliminaire ; il établit, en effet, *l'index des mots clés rencontrés*, en mentionnant leur fréquence (ou nombre d'occurrences). Nous savons donc que *le nombre des descripteurs retenus* pour l'ensemble de notre analyse *s'élève à 1 500*. Le plus fréquent est le mot « *sol* », qui apparaît 715 fois. Il est suivi par « *plante céréalière* » (252 occurrences) puis par « *fixation azote* » (197 occurrences). Vers les moindres fréquences, les mots deviennent rapidement de plus en plus nombreux. Il y en a 226 à n'apparaître que trois fois, 435 à ne figurer que deux fois et, parmi ceux qui n'ont été utilisés qu'une fois, 201 seulement ont été retenus pour ne pas dépasser le quota des 1 500.

Il n'entre pas dans notre objectif de procéder à une véritable étude sémantique des mots clés. Néanmoins, il est indispensable de faire certaines remarques qualitatives à leur propos, en les illustrant par quelques exemples. Comment peut-on définir, par des mots clés, une publication, un problème ou un thème scientifique ? Il semble que la règle générale implicitement admise, dans l'indexation du domaine sol-agriculture de la base Pascal, soit de *désigner essentiellement les objets étudiés, beaucoup plus que les méthodes, les résultats, les théories*.

Parmi les objets les plus faciles à identifier apparaissent les *espèces végétales, animales, microbiennes*. Elles sont habituellement désignées par un terme général, puis par leur nom scientifique latin. On trouvera par exemple dans les mots clés l'expression « *plantes fruitières* » et l'identité de chacune d'entre elles : « *mangifera indica* », etc. De même, la composition de la « *microflore* » sera étudiée : « *azotobacter chroococcum* », « *rhizobium japonicum* », etc. A côté de ces très nombreux noms d'espèces apparaissent ceux de multiples constituants naturels, substances chimiques, etc. Il s'agit en très grande majorité d'éléments largement connus. On trouvera bien entendu l'« *eau* », le « *phosphore* », l'« *azote* », l'« *aluminium* », les « *oligo-éléments* », « *cuivre* », « *zinc* », etc., ou les noms plus spécialisés que l'on donne aux principales argiles des sols : « *kaolinite* », « *halloysite* », etc. Beaucoup de termes décrivent les grandes pratiques agricoles : « *irrigation* », « *fertilisation* », etc. Ce sont des termes courants, que pratique-

ment tout le monde connaît. Enfin la base Pascal donne une large place aux indications géographiques : « *Malaisie ouest* », « *Madhya Pradesh* », etc. La richesse de l'information géographique constitue d'ailleurs un avantage considérable de la base Pascal, pour la recherche documentaire concernant les pays en voie de développement.

Il semble en revanche que le langage scientifique spécifique soit, toutes proportions gardées, assez peu représenté. Si l'on considère l'index des mots clés selon l'ordre des fréquences décroissantes, ce n'est qu'à la centième place qu'apparaît le premier nom de sol. Encore s'agit-il d'un terme très général : « *sol latéritique* » (29 occurrences). Si l'on rencontre, beaucoup plus loin, les « *oxisols* » (17 occurrences), « *sols ferrallitiques* » (16 occurrences), « *alfisols* » (8 occurrences), et quelques autres, il serait probablement illusoire de vouloir établir un inventaire des sols étudiés en se servant des mots clés. D'ailleurs la variabilité des termes employés par les spécialistes aurait rendu impossible une indexation pédologique exhaustive : le sol ferrallitique d'un auteur peut être l'oxisol d'un autre, ou le sol latéritique d'un troisième, etc. D'autre part, les grands processus naturels sont décrits, mais de façon simplifiée : « *fixation de l'azote* », « *altération météorique* », « *érosion* », etc. Il est moins commun de rencontrer la définition de processus plus précis : « *chlorose ferrique* » (4 occurrences), « *interaction ionique* » (15 occurrences), etc. Enfin, il n'y a pas beaucoup de place pour la description des méthodes de travail, en dehors des grandes généralités, comme « *micromorphologie du sol* », « *étude en pots* », etc. Seul cas particulier, la télédétection est techniquement mieux définie (voir pages suivantes). En revanche, pour l'appareillage des laboratoires de science du sol, le descripteur « *donnée MEB* » (microscope électronique à balayage) n'apparaît que neuf fois. Il fait figure d'isolé lorsque l'on pense à tous les appareils et à toutes les techniques qui ne sont pas mentionnées.

Il est nécessaire d'avoir présents à l'esprit ces caractères généraux de l'indexation par les mots clés, lorsque l'on doit interpréter les Leximappes. La qualité de la base Pascal n'est pas en cause : la recherche documentaire se fait très bien à partir des objets étudiés, et l'on verra que la cartographie automatique réalisée à partir des mots clés donne de bons résultats. Néanmoins, il faut savoir que le contenu scientifique que nous allons analyser se définit principalement par les objets étudiés. C'est le cas dans le domaine « *sols-agriculture* » (la situation peut être différente en d'autres disciplines, mais là n'est pas notre problème). Par exemple, nous devons nous attendre à ce que des études de qualité inégale, qui emploient des méthodes différentes, qui peut-être divergent complètement dans leurs interprétations, se trouvent classées dans les mêmes « *agrégats* », parce qu'elles portent sur le même objet. Les Leximappes peuvent identifier des thèmes, des sujets de travail, si l'on ne veut pas attribuer à ces expressions une signification trop complète. Il ne peut être question de chercher dans les Leximappes la trace de controverses scientifiques. Elles ne définissent pas conceptuellement les paradigmes, elles n'apportent rien sur les négociations de la recherche, sinon très indirectement. Ces dernières interrogations relèvent de l'analyse épistémologique pour les paradigmes, ou de la sociologie et de l'ethnographie de la recherche pour les processus de négociation, et non de la bibliométrie.

Il faut remarquer aussi que les Leximappes constituent une image de ce qui est publié à un moment donné et dans des circonstances données. C'est

d'ailleurs ce qui fait un de leurs avantages, qui est de pouvoir suivre et comparer les travaux réalisés en diverses époques, en différents pays, etc. La variabilité interannuelle des publications, dont il a été question au chapitre précédent, et plus encore l'évolution de la recherche scientifique elle-même, peuvent modifier rapidement le contenu analysé. D'autre part, le choix d'un seuil de cooccurrences plus ou moins élevé ne suffit pas dans tous les cas pour réaliser une bonne analyse : il faut aussi un nombre assez grand de publications pour obtenir des agrégats, ou des cartes, qui soient significatifs. Lorsque ce nombre est trop faible, ou lorsque la distribution thématique est trop large, les groupements obtenus ne sont pas toujours très significatifs. Ceci explique notamment que nous n'allons pas entrer dans le détail des analyses que nous avons faites pays par pays (Inde, Brésil, etc.). Nous verrons en revanche que, sur l'ensemble du corpus, la cartographie obtenue est tout à fait pertinente (chapitre suivant).

Les descripteurs : premier regard sur les index

Nous allons donner les exemples que nous fournissent deux index partiels, celui de l'Inde et celui de la francophonie. Pourquoi ce choix ? Les premiers chapitres ont montré l'importance de l'Inde, premier pays scientifique du Sud. La francophonie nous intéresse directement et, malgré le nombre de pays impliqués, nous avons vu que sa production scientifique paraît homogène et possède des caractères propres.

Pour simplifier le langage et éviter la polysémie, nous parlerons maintenant de « *descripteur* » et non de mot clé, et nous appellerons « *occurrence* » chaque apparition d'un descripteur. Les index vont nous permettre de considérer le nombre de descripteurs et le nombre des occurrences : soit nombre d'occurrences d'un descripteur unique, soit nombre d'occurrences d'un groupe de descripteurs.

La production scientifique de l'Inde se caractérise ainsi par :

- 765 descripteurs qui ont donné 2 365 occurrences,
- 2,5 % des descripteurs qui sont responsables de 30 % des occurrences,
- 8,2 % des descripteurs qui sont responsables de 50 % des occurrences.

Pour ne pas allonger excessivement notre texte, nous reproduisons ci-dessous la liste des descripteurs les plus fréquents, qui sont à eux seuls responsables de 30 % des occurrences, chaque descripteur étant précédé du nombre de ses occurrences propres.

TABLEAU 6-1
Descripteurs caractérisant la production indienne

87 sol - 77 plante céréalière - 45 Inde - 43 rendement - 38 bactérie - 38 fixation azote - 38 plante légumière - 37 oryza sativa - 33 oligo-éléments - 32 nutrition - 30 zinc - 29 phosphore - 27 triticum aestivum - 26 azote - 23 gramineae - 22 rhizobium - 21 absorption - 21 microflore - 20 inoculation

La production scientifique du groupement de la France et des autres pays francophones se caractérise ainsi :

- 668 descripteurs ont donné 1 218 occurrences,
- 6,7 % des descripteurs sont responsables de 30 % des occurrences,

— 15 % des descripteurs sont responsables de 50 % des occurrences.

Comme pour le cas précédent, nous reproduisons la liste des descripteurs responsables de 30 % des occurrences, avec le chiffre marquant leur occurrence propre.

Ces simples index confirment clairement *deux stratégies scientifiques différentes*, mises en évidence au chapitre III. La production scientifique indienne apparaît très groupée. Un faible nombre de descripteurs s'applique à beaucoup de publications. Parmi eux, aucun ne décrit d'études régionales, localisées : il n'est pas question de cartographie, d'étude des formations naturelles, la toponymie est absente. Plantes cultivées et fixation de l'azote définissent les grandes priorités de la recherche. La production scientifique francophone, au contraire, s'étend (ou se disperse ?) sur un large éventail scientifique. Les études régionales (cartographie), la télédétection, l'étude des milieux prennent une place importante.

TABLEAU 6-2
Descripteurs caractérisant la production francophone

51 sol - 23 zone tropicale - 12 agriculture - 11 classification - 11 Sénégal - 10 Afrique - 10 morphodynamique - 10 sol tropical - 9 cartographie - 9 fixation azote - 8 microflore - 7 Afrique ouest - 7 satellite Landsat - 7 télédétection - 7 télédétection multispectrale - 7 algérois - 6 argile minéral - 6 climat - 6 donnée MEB - 6 ERTS Landsat - 6 morphologie - 6 plante fruitière - 6 symbiose - 6 végétation - 5 analyse image - 5 Antilles - 5 bactérie - 5 classification supervisée - 5 écologie - 5 forêt - 5 Guyane française - 5 inoculation - 5 karst - 5 milieu aride - 5 morphologie volcan - 5 mycorhize - 5 occupation sol - 5 pédogenèse - 5 plante céréalière - 5 plante oléagineuse - 5 sol sableux - 5 structure sol - 5 végétal

Nous ne développerons pas cette analyse. Les deux exemples qui viennent d'être donnés montrent d'une part la possibilité d'exploiter des données simples, extraites de la base documentaire Pascal. Ils confirment aussi la cohérence des résultats qui se dégagent au long de notre étude (chapitres III, VI, VII). En réalité, les descripteurs les plus fréquents définissent très bien les thématiques générales, mais ils sont insuffisants pour préciser des « problèmes », et nous verrons qu'ils n'apparaissent généralement pas dans les « mots propres » des « agrégats » que l'on va examiner maintenant.

Le traitement Leximappe va donc porter préférentiellement sur des mots ayant un nombre d'occurrences moyen, et non sur les plus courants, considérés comme polysémiques. Les descripteurs les plus rares (une ou deux occurrences) compteront peu. Il n'est guère probable que les Leximappes mettent en évidence des problématiques tout à fait nouvelles. Pense-t-on par exemple que l'« *allélopathie* » (processus biochimiques antagonistes des systèmes racinaires) va ouvrir de nouvelles voies de recherche ? Le mot lui-même ne se trouve pas dans l'index des descripteurs. Pourtant, parmi les 2 040 retenues, plusieurs études lui sont consacrées.

TABLEAU 6-3

Agrégat Inde n° 1
MYCORHIZE

Mots propres : 25 plante fourragère 98 glomus fasciculatus
20 fungi 79 mycorhize
145 eleusine coracana 180 sélection

Liaisons internes : (25- 79) (20- 98) (25-145) (20- 79)
(79-180) (98-180) (25-145) (145-180)
(79-145) (98-145) (79- 98) (145-180)

Nom de l'agrégat : MYCORHIZE

Liaisons supérieures : 20 fungi 34 végétal
— 17 microflore
— 209 phytopathogène
— 212 penicillium chrysogenum
— 247 actinomyces
— 107 streptomyces

Premier seuil : 95

Liaisons inférieures : 145 eleusine 34 végétal
98 glomus fasc. —
145 eleusine 33 symbiose
25 plante four. 162 azospirillum
— 34 végétal
— 74 plante cultivée
— 75 relation microorganisme vég.
20 fungi 34 végétal
— 169 interaction microorganisme
— 22 Asie
— 65 forêt
180 sélection 19 inoculation
145 eleusine —
98 glomus fasc. —
25 plante four. 15 gramineae
20 fungi 7 bactérie
Deuxième seuil : 36

Agrégat Inde n° 7
EAU

Mots propres : 61 irrigation
104 saturation
28 eau
266 conductivité hydrique
148 dynamique
102 lessivage
105 propriétés physiques

Liaisons internes : (26- 61) (28-105) (28-148) (61-104)
(28-104) (28-102) (28-266) (102-148)

Nom de l'agrégat : EAU

TABLEAU 6-3 (suite)

<i>Liaisons supérieures :</i>		
266	conductivité	78 magnésium
—	—	82 calcium
148	dynamique	55 sol calcaire
105	propriété phys.	179 propriété chimique
—	—	1 sol
61	irrigation	4 rendement
—	—	22 Asie
—	—	24 fertilité sol
28	eau	78 magnésium
		82 calcium
Premier seuil : 31		
<i>Liaisons inférieures :</i>		
28	eau	41 humidité sol
—	—	43 fertilisation minérale
—	—	22 Asie
61	irrigation	15 gramineae
104	saturation	12 phosphore tot.
28	eau	12 phosphore ass.
61	irrigation	8 oriza sativa
28	eau	4 rendement
(puis liaison avec : 1 sol, 2 plante céréalière, 3 Inde)		

Les agrégats thématiques : la formation par les cooccurrences

L'indice d'équivalence (défini théoriquement dans les pages antérieures) va permettre d'aller beaucoup plus loin, dans l'analyse thématique, que l'examen superficiel des mots clés dont il vient d'être question, et même que les comptages réalisés suivant le Plan de classement (chapitres II à IV). Avec cet indice d'équivalence, basé sur la fréquence des cooccurrences des descripteurs, deux sortes de documents peuvent être établis, que nous appellerons « agrégats » et « cartes ». Nous aborderons maintenant l'application de la méthode Leximappe en considérant d'abord les agrégats. Mais il ne s'agit encore que de faire de la méthodologie, et nous prendrons une fois de plus deux exemples, celui formé par les publications de l'Inde, celui formé par les publications des pays francophones. Chacun de ces exemples ne sera d'ailleurs traité que très partiellement.

Nous reproduisons dans le tableau 6-3, avec de très faibles modifications par rapport à la présentation donnée à la sortie des ordinateurs du CIRCÉ, le premier agrégat issu du fichier Inde. Chaque descripteur est précédé d'un chiffre. Cette fois ce n'est plus le nombre des occurrences mais le numéro d'ordre des descripteurs, lorsque ceux-ci sont rangés par nombre d'occurrences décroissant (le descripteur « sol », qui a 87 occurrences dans les publications indiennes, sera noté 1, le descripteur « plante céréalière », qui a 77 occurrences, sera noté 2, et ainsi de suite).

Il faut souligner que ce premier agrégat de descripteurs définit parfaitement ce que l'on peut appeler un problème scientifique, ou plutôt un problème de recherche. Les descripteurs sont fortement liés entre eux et ont peu de liaisons avec d'autres. Seuls des mots très ubiquistes comme « Asie » ou « plante fourragère » renvoient évidemment à d'autres liaisons. La formulation du problème

est claire. La plante cultivée, qui sert en quelque sorte de support à la recherche, est l'éleusine. Le but est d'améliorer la nutrition de la plante, par l'intervention des bactéries (azospirillum), des champignons (actinomycètes, streptomycètes). C'est surtout la symbiose avec un champignon mycorhizien, *glomus fasciculatus*, qui est au centre du problème. On ne peut que souligner le fait que c'est le traitement informatique lui-même qui a retenu le descripteur « *mycorhize* » pour dénommer le problème de recherche. Nous retrouverons plus loin les mycorhizes, et nous soulignerons l'importance considérable qu'elles occupent dans la recherche agronomique actuelle.

Examinons maintenant (tableau 6-3) un autre agrégat ou, si l'on préfère ce terme, un autre « problème », toujours constitué à partir des publications indiennes. Cet agrégat est en réalité le septième fourni par Leximappe ; nous le retenons parce que, au contraire du précédent qui est presque parfait, celui-ci représente certaines difficultés méthodologiques.

Il est facile en effet de voir que le problème est moins bien défini, ou plus complexe, que dans le cas précédent. Le descripteur « *eau* » qui donne son nom au « problème » (ou à l'« agrégat ») intervient dans trop de questions pédologiques et agronomiques. Les liaisons internes, entre les mots propres à l'agrégat, sont moins nombreuses que dans l'exemple antérieur. Les liaisons externes (supérieures et inférieures) se font au contraire plus nombreuses. Une connaissance très superficielle de la pédologie et de l'agronomie suffit à faire comprendre que les descripteurs « *calcium* », « *magnésium* », « *phosphore* », « *sol calcaire* » peuvent être impliqués dans de multiples questions. L'agrégat n'est pas très bien individualisé et, pour décrire ses constituants, il sera préférable de choisir une autre présentation (voir plus loin).

Les mêmes difficultés se retrouvent dans notre deuxième exemple, celui des publications francophones. Pour varier les illustrations de la méthode Leximappe que nous proposons, nous donnerons cette fois la liste des agrégats (il y en a neuf), en ne citant pour chacun d'eux que le nom et les mots propres (tabl. 6-4).

Beaucoup de remarques pourraient être faites sur cette analyse de la production scientifique de langue française de l'année 1983. L'image donnée par les neuf agrégats est-elle conforme à la réalité ? Il faut remarquer tout d'abord que la production scientifique d'une année peut être marquée par des événements plus ou moins aléatoires. Aussi est-il tout à fait normal de voir apparaître des études sur la morphologie des volcans (agrégat n° 9). Il ne faut pas en conclure que ce sera, tous les ans, le neuvième thème de travail, par ordre d'importance, des chercheurs francophones. Une autre remarque est que le traitement informatique a tendance à diviser les très gros agrégats. Cette particularité des logiciels Leximappe explique que l'on découvre deux agrégats très peu différents, l'un dénommé « *Téledétection multispectrale* » et l'autre « *Téledétection* ». Le premier décrit la téledétection par satellite. Le second fait référence à la photographie aérienne ; mais, comme le premier, il inclut certaines mesures multispectrales (« observation par satellite »). La limite entre les deux agrégats est incontestablement floue.

TABLEAU 6-4
Agrégats Francophonie n° 1 à n° 9

Agrégat n° 1 : TELEDETECTION MULTISPECTRALE

<i>Mots propres :</i>	127 carte thématique
	4 classification
	14 satellite Landsat
	22 Erts-Landsat
	13 télédétection multispectrale
	43 analyse image
	30 occupation sol
	42 classification supervisée

Agrégat n° 2 : SOL TROPICAL - CARTE PEDOLOGIQUE

<i>Mots propres :</i>	91 fertilisation organique
	150 fertilité sol
	8 Afrique
	79 savane
	6 sol tropical
	126 carte pédologique
	9 cartographie
	102 analyse structurale
	101 Amérique du Sud
	41 Guyane française

Agrégat n° 3 : PLANTE CEREALEIERE

<i>Mots propres :</i>	56 oryza sativa
	35 plante céréalière
	93 engrais vert
	51 sesbania rostrata

Agrégat n° 4 : CYCLE BIOGEOCHIMIQUE

<i>Mots propres :</i>	26 végétation
	138 écosystème
	130 cycle biogéochimique
	40 forêt
	104 Afrique équatoriale

Agrégat n° 5 : EAU - MICROMORPHOLOGIE SOL

<i>Mots propres :</i>	1 sol
	82 humidité
	64 mise en valeur
	173 rétention
	156 gypse
	123 calcite
	194 micromorphologie sol
	37 structure sol

Agrégat n° 6 : ZONE TROPICALE

<i>Mots propres :</i>	67 pays en développement
	195 milieu humide
	129 couvert végétal
	107 agroécosystème
	2 zone tropicale
	100 Amérique centrale
	44 Antilles
	95 culture tropicale

Agrégat n° 7 : MYCORHIZE

<i>Mots propres :</i>	85 glomus mossae
	75 racine
	153 fungi
	29 mycorhize
	23 symbiose

Agrégat n° 8 : TELEDETECTION

<i>Mots propres :</i>	207 photointerprétation
	201 observation par satellite
	12 télédétection
	206 photographie aérienne
	19 Algérois

Agrégat n° 9 : MORPHOLOGIE VOLCAN

<i>Mots propres :</i>	125 caldeira
	28 morphologie volcan
	164 tectonique cassante
	128 corrélation

L'examen des neuf agrégats confirme sur beaucoup de points ce que nous savons déjà de la recherche francophone. Nous noterons en particulier les agrégats « *sol - tropical* » et « *eau - micromorphologie sol* ». Ils traduisent une orientation plus marquée chez les francophones que chez les Indiens, par exemple, vers la pédologie générale, la pédogénèse, l'étude régionale. Néanmoins, l'image d'ensemble ne nous satisfait pas vraiment. On pourrait reprendre le travail avec un plus faible seuil pour les cooccurrences, mais en fait c'est une autre voie que nous allons prendre (chapitre suivant).

Discussion et conclusion

La remarque la plus importante que nous voulons faire, après les essais méthodologiques qui précèdent, est que *les différents domaines de recherche n'ont pas tous la même structure*. Cela est déjà apparu au cours de travaux antérieurs, lorsque nous avons utilisé, au lieu de l'« indice d'équivalence », un « indice d'inclusion ». Nous avons alors obtenu, sur le même corpus documentaire que nous étudions actuellement, deux graphes de structures vraiment diffé-

rentes. L'un présentait des arborescences très régulières ; il s'agissait des études de caractère *biologique*, portant sur les espèces cultivées, sur les microorganismes, sur les bactéries et champignons symbiotiques. L'autre graphe paraissait beaucoup moins régulier et groupait ensemble de nombreux descripteurs ; il s'agissait de *l'ensemble de la recherche pédologique proprement dite*.

Il ne s'agit pas du tout d'artefacts. Ainsi que le disent très souvent les pédologues, le sol doit être considéré comme un « tout » : ses différents éléments sont en relation les uns avec les autres. Le « tout » pédologique doit lui-même être situé dans un plus vaste ensemble : la toposéquence, le paysage, l'écosystème. En d'autres termes, cela signifie que la plupart des travaux de recherche commencent par une caractérisation générale du sol et de son environnement, avant d'en venir aux déterminations les plus spécialisées. Ce principe méthodologique est particulièrement soutenu par les pédologues français et par tous ceux qui sont les successeurs directs de la pédologie dite « génétique » de V. V. Dokuchaev.

Il est plus facile d'identifier ou d'isoler, par la cooccurrence des descripteurs, des travaux qui portent sur une plante, un type de culture, une symbiose microorganisme - plante supérieure. Il est possible également que la manière d'indexer les publications en soit partiellement responsable. Toujours est-il que, dans tous les traitements réalisés par les logiciels Leximappe, nous avons vu que *la partie biologique et agronomique est plus facilement analysée que la partie pédologique*.

CHAPITRE VII

UNE CARTOGRAPHIE DE LA THEMATIQUE SCIENTIFIQUE

En appliquant la méthode Leximappe, nous allons maintenant entrer dans l'analyse formelle du contenu des recherches concernant les sols et l'agriculture des régions chaudes. Cette analyse portera sur la totalité du corps documentaire (2 040 références) que nous avons constitué en commençant notre travail. D'une part, ainsi que cela a été dit au chapitre précédent, une analyse faite pays par pays porterait sur un nombre insuffisant de données. Ensuite, et surtout, il est plus conforme à l'esprit général de la science, à la fluidité des communautés scientifiques, à l'utilisation effective des connaissances de considérer comme un tout les produits de la recherche qui sont à la disposition des pays du Tiers-Monde.

Cartes et thèmes

Au total, seize cartes ont été construites automatiquement par les logiciels Leximappe. La plupart contiennent un nombre élevé de descripteurs (avec un maximum de quarante) et de nombreux liens entre eux. De la première à la dernière, le « seuil » retenu pour les cooccurrences diminue régulièrement. Les dernières cartes n'ont plus qu'un contenu réduit, en nombre de descripteurs et nombre de liens, et le seuil des cooccurrences tend vers zéro. Nous avons retenu *intégralement les onze premières cartes. Nous avons éliminé les suivantes, mais en constituant une douzième et dernière carte avec trois groupes de cooccurrences extraits des cartes automatiques 12 à 16.*

Le contenu des cartes est exprimé dans des tableaux tout à fait conformes à ceux qui ont été donnés en exemple au chapitre précédent. La différence est que les cartes (et les tableaux qui leur correspondent) peuvent avoir jusqu'à quarante descripteurs, alors que dans le cas précédent le nombre des descripteurs était limité à dix. Les liaisons (cooccurrences) entre descripteurs sont figurées par des traits dans les cartes, au lieu d'être mentionnées, comme nous l'avons vu par les numéros des descripteurs (exemple : 18-31), dans les tableaux.

Les cartes peuvent contenir quarante descripteurs, alors que les tableaux présentés au chapitre précédent n'en contenaient que dix. Les traits représentent les cooccurrences entre les mots. Nous y retrouvons chaque descripteur, son numéro d'ordre (par exemple : oxisol 187) et le nombre de ses occurrences (l'exemple devient : 17 oxisol 187). Les nécessités de la mise en page dans un livre de format réduit font qu'il ne nous a pas été possible de reproduire dans les cartes ci-jointes les noms et chiffres associés aux descripteurs. Chacun d'entre eux est simplement figuré par un point. Notre texte expliquera de quoi il est

question et mentionnera le nombre d'occurrences des descripteurs les plus significatifs. L'ensemble des documents Leximappe réalisés pour notre étude est beaucoup trop volumineux pour pouvoir être reproduit intégralement.

La *visualisation* donnée par les cartes est un très grand avantage par rapport aux tableaux. Il est facile d'apprécier le nombre des descripteurs et le nombre des liaisons qu'ils ont entre eux, la structure de ces liaisons. A l'intérieur de chaque carte, on voit également très bien se dessiner *un certain nombre d'agrégats*. Dans chaque agrégat, les descripteurs sont plus liés entre eux qu'ils ne le sont avec les descripteurs des autres agrégats. La carte n° 2, par exemple, montre dans sa partie supérieure un petit groupe de descripteurs qui ne se relie aux autres descripteurs de la carte que par une seule liaison. La carte n° 5, dans sa partie inférieure droite, montre un autre cas tout aussi net.

Aussi peut-on tracer des limites, à l'intérieur des cartes, en se basant en grande partie sur le graphisme lui-même, tel qu'il a été établi par l'ordinateur. Dans d'autres cas, il faut aussi recourir aux tableaux et chercher dans les listes de liaisons des descripteurs les raisons justifiant un découpage. Bien souvent, et surtout pour qui a une certaine connaissance du domaine scientifique étudié, la distinction de plusieurs agrégats à l'intérieur de chaque carte paraît évidente. Considérons par exemple la carte n° 5. Nous avons identifié trois agrégats, l'un représentant la télédétection, l'autre la cartographie, et le troisième l'aménagement. Le graphisme original lui-même les sépare assez nettement, ainsi que nous l'avons dit plus haut. On ne peut que souligner le succès d'un traitement informatique qui a réuni ces trois sujets et qui, sans les confondre ni les isoler, a représenté leur articulation.

A quoi correspondent ces agrégats, et quels noms leur donner ? Nous avons interprété les agrégats à partir de thèmes et, comme ceux-ci ne sont pas sans se ramifier, de sous-thèmes. Dans certains cas aussi, nous avons rencontré des cas intermédiaires entre deux sous-thèmes. Pour ne pas sembler introduire trop de jugements personnels, nous avons retenu pour les désigner *le descripteur le plus significatif*, ou le plus fréquent, ce qui est généralement la même chose. Cela est facile à faire, puisque les cartes originales mentionnent le nombre des occurrences, ainsi que nous l'avons rappelé. Dans de rares cas seulement, nous avons retenu un nom qui n'est pas exactement celui d'un descripteur de la carte.

Il est apparu que, d'une carte à l'autre, des sous-thèmes scientifiquement voisins se présentent de façon étagée. En d'autres termes, *une structure verticale* est venue se surimposer à *la structure horizontale*, plus évidente, que donne chaque carte. La constatation que la cartographie a réalisé une analyse très structurée nous a incités à abandonner la notion d'agrégat, et même de problème, ainsi que cela vient d'être dit, pour introduire celle beaucoup plus générale de thème.

Que valent les thèmes qui ont été définis ? Il est certain qu'il n'existe aucune classification des sciences, ni même aucune classification de programmes de recherche, qui soit totalement satisfaisante et qui ne puisse être ni modifiée ni remplacée. Dans le domaine qui nous occupe, nous avons déjà fait remarquer le cas des études de sol. Très souvent, les déterminations spécialisées, qui pourraient définir un thème spécifique, sont associées à des caractérisations générales ; plusieurs thèmes se trouvent associés dans la même étude. Un autre exemple est celui qui concerne les cultures. On peut à juste titre séparer les recherches sur les différents types de cultures, fruitières, céréalières, etc. On se

rend compte ensuite que l'on n'étudie pas une plante en elle-même, mais par rapport à sa nutrition en oligo-éléments, par rapport à ses associations symbiotiques, etc. A ce moment, on peut être tenté d'abandonner le classement par les cultures pour retenir un autre classement, par les processus chimiques, biochimiques, etc. Toute classification n'a donc qu'une valeur relative. Celle qui va suivre porte la marque des méthodes d'indexation de la base Pascal.

Nous avons conduit notre analyse en commençant par la carte n° 1, et en passant successivement d'une carte à l'autre. Les thèmes sont apparus ainsi, et nous les avons désignés dans l'ordre de leur apparition, comme thème A, B, C et ainsi de suite. Voici leur liste :

TABLEAU 7-1
Thèmes retenus pour l'analyse des cartes

A :	Fixation de l'azote
B :	Mycorhizes
C :	Ecosystèmes forestiers
D :	Nutrition
E :	Chimie du sol
F :	Cultures
G :	Soils
H :	Morphodynamique
I :	Télétection
J :	Aménagement
K :	Pollution
L :	Eau-érosion
M :	Matière organique
N :	Plantes médicinales

Une nouvelle révolution verte ?

Une constatation s'impose rapidement : *la recherche scientifique concernant les régions chaudes est fortement orientée vers les méthodes biologiques d'amélioration de la productivité des sols*. Avant de parler de ces méthodes biologiques, il n'est pas inutile de rappeler ce que l'on a appelé, au cours des dernières décennies, la « révolution verte ». Cette révolution a consisté essentiellement dans l'utilisation d'un matériel végétal sélectionné pour sa très haute productivité et dans l'emploi massif des engrais et des pesticides. Les biotechnologies actuelles progressent dans un tout autre sens ; mais parviendront-elles à constituer, dans un avenir proche, une nouvelle révolution verte ?

Il est difficile de le dire avec certitude, malgré les grands progrès déjà effectués. Ce qui est certain, c'est que, si une nouvelle révolution de l'agriculture des régions chaudes doit se produire, elle se situera, par ses méthodes, à l'opposé de la précédente. Le but recherché est en effet d'*augmenter la productivité des sols* essentiellement par *la fixation biologique de l'azote*, et par l'amélioration de la nutrition des plantes cultivées (non seulement en azote, mais aussi en phosphore, en oligo-éléments) grâce aux associations symbiotiques. Pour le lecteur qui ne connaîtrait pas du tout ces questions, nous en ferons un rapide résumé.

Rappelons d'abord qu'il existe dans le sol des bactéries fixatrices de l'azote

(azotobacter, beijerinckia), qui sont libres et non symbiotiques, et que l'on connaît depuis très longtemps. Mais c'est surtout sur les microorganismes qui vivent en symbiose avec les plantes, et qui fixent également l'azote, que les recherches actuelles se portent. Ces microorganismes sont de deux sortes : les rhizobium sont des bactéries classiques, et les frankia sont des bactéries filamenteuses proches des champignons. Un premier travail consiste à découvrir les plantes ayant les plus fortes capacités de symbiose, et surtout celles qui ont des nodosités symbiotiques à la fois sur les racines et les tiges : c'est le cas de la légumineuse africaine sesbania rostrata, dont il est beaucoup question à l'heure actuelle. On ne recherche pas seulement les plantes herbacées, mais aussi les arbres ou les arbustes qui sont des légumineuses et présentent naturellement des nodosités symbiotiques, comme les leucaena et les acacia. Il existe aussi d'autres arbres qui, sans être des légumineuses, sont cependant capables de symbiose, comme les casuarina (filao) avec les frankia, et qui peuvent améliorer les sols pauvres ou les régénérer après épuisement.

Tous ces problèmes concernant la fixation de l'azote atmosphérique par les microorganismes du sol ont été exposés dans des livres (voir par exemple celui de R. Blondeau, aux Ed. Vuibert, 1980) ou des articles (voir Y. Domergues *et al.*, dans *La Recherche*, 1985) de grande diffusion. Le lecteur peut facilement s'y reporter.

Les recherches sur les mycorhizes sont plus récentes encore que celles sur les bactéries fixatrices de l'azote atmosphérique. On consultera à ce propos des publications comme le livre de B. Boulard, aux Ed. Masson, 1968, ou l'article de F. Le Tacon dans la revue *La Recherche*, 1985. Les mycorhizes sont des champignons du sol (glomus, acauspora, capsicum) qui vivent en symbiose avec les racines des plantes supérieures. Elles augmentent considérablement le volume du sol exploité par les systèmes racinaires, et ce sont elles qui dans beaucoup de cas réalisent l'assimilation des éléments nutritifs de faible solubilité (phosphore notamment). Ajoutons que les mycorhizes (contrairement au rhizobium et frankia) ne fixent pas l'azote gazeux mais assimilent en revanche l'azote nitrique ou ammoniacal qui peut se trouver dans le sol. La symbiose équilibre ainsi ses échanges : les mycorhizes apportent aux plantes hôtes des éléments minéraux difficilement assimilables, et celles-ci donnent aux champignons des produits de la synthèse chlorophyllienne (glucides) dont ils sont dépourvus.

Il existe d'autres symbioses que les précédentes, peut-être moins répandues, mais qui dans des situations précises sont très efficaces. Ainsi les cyanobactéries, qui sont des algues vivant généralement à la surface des eaux libres, fixent l'azote. Elles vivent parfois en symbiose avec une plante. Par exemple, la fougère aquatique azolla se développe en association symbiotique avec la cyanobactérie anabaena. Elle peut constituer pour les rizières un engrais vert. Comme les autres plantes associées à des microorganismes fixateurs d'azote, ses tissus sont riches en protéines ; après enfouissement, sa décomposition enrichit le sol.

Dans les meilleurs cas, en situation expérimentale, on arrive actuellement à obtenir par voie biologique des doses d'azote comparables à celles que l'on apporte par voie chimique (engrais azotés) dans les cultures intensives. Mais il n'y a pas toujours dans le sol les microorganismes nécessaires. Aussi une technique qui doit être souvent employée est l'inoculation, qui consiste à introduire artificiellement, dans les sols mais aussi sur les graines (ce qui facilite la germination puis féconde le sol) ou les plants, les microorganismes symbiotiques. On

étudie donc beaucoup les procédés de l'inoculation, non seulement pour les bactéries fixatrices de l'azote, mais aussi pour les mycorhizes. En fait, les difficultés de ces opérations sont multiples et sont encore loin d'être toutes maîtrisées. En particulier, on ne parvient pas encore toujours à multiplier les micro-organismes nécessaires in vitro, c'est-à-dire au laboratoire, sans le support de la terre ou des plantes. Il est alors difficile d'en produire en quantité suffisante pour féconder de grandes surfaces de culture.

Il faut remarquer que les méthodes biologiques, dans la mesure où elles pourront devenir opérationnelles, ont un intérêt plus grand encore pour les pays en développement que pour les pays du Nord (qui s'y intéressent aussi).

TABLEAU 7-2
Liste des cartes et des thèmes qui y sont représentés

Carte 1 :	Fixation de l'azote	Plantes légumières Plantes fourragères
Carte 2 :	Mycorhize Fixation de l'azote Ecosystèmes forestiers	Cycle de l'azote Reboisement feuillu Reboisement résineux Agroforesterie
Carte 3 :	Nutrition - fertilisation	Oligo-éléments Phosphore
Carte 4 :	Chimie du sol Cultures tropicales Nutrition - fertilisation Sols Morphodynamique	Complexe d'échange Céréales Amendement Altération Profil sol Karst Désertification
Carte 5 :	Sols Télé-détection Aménagement	Cartographie
Carte 6 :	Sols Pollution	Propriétés physiques
Carte 7 :	Eau - érosion Chimie du sol	Eau Echange cations Acidité
Carte 8 :	Eau - érosion Nutrition Sols Matière organique Plante médicinale	Erosion sol Fertilisation Sol tropical
Carte 9 :	Fixation de l'azote Sols	Activité enzymatique Argile minéralogique
Carte 10 :	Cultures tropicales Agriculture - Développement	Plante industrielle
Carte 11 :	Fixation de l'azote Cultures tropicales	Rhizosphère Plante oléagineuse Plante fruitière Plante à fibre
Carte 12 :	Cultures tropicales Fertilisation Fixation de l'azote	Pâturage Engrais vert Anabaena, azolla

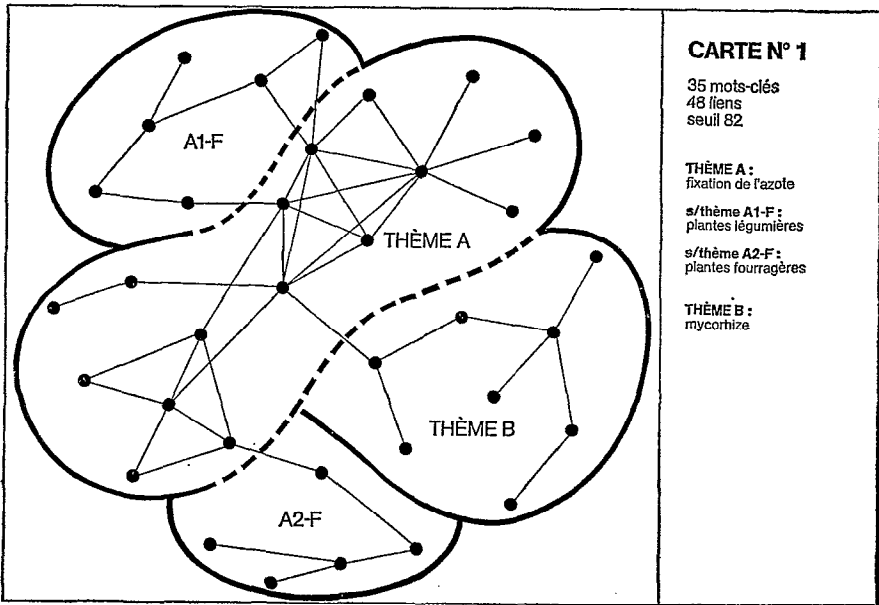
Les raisons d'ordre économique sont les plus évidentes : en remplaçant les engrais chimiques, les dépenses monétaires diminuent. Mais il y a aussi des raisons d'ordre écologique qui accentuent la valeur des méthodes biologiques pour les régions chaudes. Ainsi, les sols tropicaux sont souvent pauvres en azote, par suite de la minéralisation rapide des matières organiques. La minéralisation est le processus qui fait passer l'azote combiné dans les protéines végétales à l'état ammoniacal ou nitrique et permet ainsi l'assimilation par les plantes, mais qui aussi conduit à l'élimination de l'azote par entraînement hors du sol. La minéralisation et le lessivage de l'azote sont accélérés par la chaleur tropicale. Développer la fixation de l'azote compense une déficience naturelle. On peut remarquer aussi (Y. Dommergues *et al.*, 1985) que les plantes cultivées (blé notamment) dans les pays tempérés sont souvent capables de s'alimenter directement, à partir des nutriments du sol ou des engrais, sans passer par les échanges symbiotiques. Au contraire, la plupart des cultures tropicales sont essentiellement dépendantes des symbioses.

Toutes ces raisons permettent de comprendre la constatation faite au chapitre IV : *les pays du Sud, et notamment l'Inde, ont des pôles d'intérêt qui leur sont propres*. La fixation d'azote et les processus symbiotiques constituent l'un de ces pôles. Rappelons que près de 30 % des études qui au niveau mondial portent sur la microbiologie des sols sont réalisées par les pays des régions chaudes (Sud et Périphérie) ou leur sont destinées. Nous allons voir maintenant comment la méthode Leximappe a identifié et structuré ce domaine de recherches prioritaires et qui prépare sans doute les biotechnologies de l'avenir.

Carte n° 1. Thème A : fixation de l'azote

Au centre de la carte n° 1, le thème A (*fixation de l'azote*) se définit avec 16 descripteurs dont le plus important est « *fixation azote* », avec 197 occurrences. Un réseau serré de liens lui associe les autres descripteurs parmi lesquels on distingue très logiquement un groupe « *fixation symbiotique* » - « *nodosité* » - « *rhizobium* », et un autre « *bactérie* » - « *azotobacter* » - « *beijerinckia* ». Le descripteur « *inoculation* » complète l'analyse. On remarquera que les mots les plus importants de la description que nous avons faite dans les précédents paragraphes se retrouvent sur la carte.

De part et d'autre de ce thème A central, nous distinguons deux agrégats, que nous dénommons sous-thème A1-F « *plantes légumières* » (158 occurrences pour ce descripteur) et sous-thème A2-F « *plantes fourragères* » (131 occurrences). On comprend aisément que c'est en rapport à ces deux catégories de plantes que les processus généraux de la fixation de l'azote, décrits par le thème central, sont étudiés. Dans le premier sous-thème, les descripteurs font apparaître différentes variétés de haricots, le pois chiche ; dans le second le trèfle, le ray-grass, la luzerne (nous continuerons à utiliser les mots courants au lieu des noms scientifiques pour identifier les espèces cultivées). Les deux sous-thèmes sont considérés comme intermédiaires avec le thème F apparu plus loin.



Carte n° 1. Thème B : mycorhize

La carte n° 1 contient également le thème B que nous définissons par le descripteur « *mycorhizes* » (51 occurrences). Les autres descripteurs sont « *fungi* » (46 occurrences), qui est presque synonyme de mycorhize, et les noms des champignons mycorhiziens : « *glomus mosseae* », « *glomus fasciculatus* ». En nombre de publications réalisées, on peut noter que les études sur les mycorhizes sont moins importantes que celles sur la fixation d'azote. Les deux thèmes apparaissent néanmoins sur la même carte, à un seuil de cooccurrence très élevé, mais il n'y aura pas pour les mycorhizes de sous-thèmes supplémentaires introduits par les cartes suivantes.

Carte n° 2. Thème A : fixation de l'azote

Dans les cartes n° 2, 9, 11 et 12, le thème A réapparaît. Le sous-thème A3 précise le « *cycle de l'azote* » (36 occurrences) par ses liaisons avec les descripteurs « *bilan azote* », « *biomasse microbienne* » et avec les descripteurs de deux processus fondamentaux : « *minéralisation* » et « *dénitrification* ». A l'intérieur de la carte n° 2, le sous-thème A3 est fortement lié à l'étude des « *écosystèmes forestiers* » (thème C).

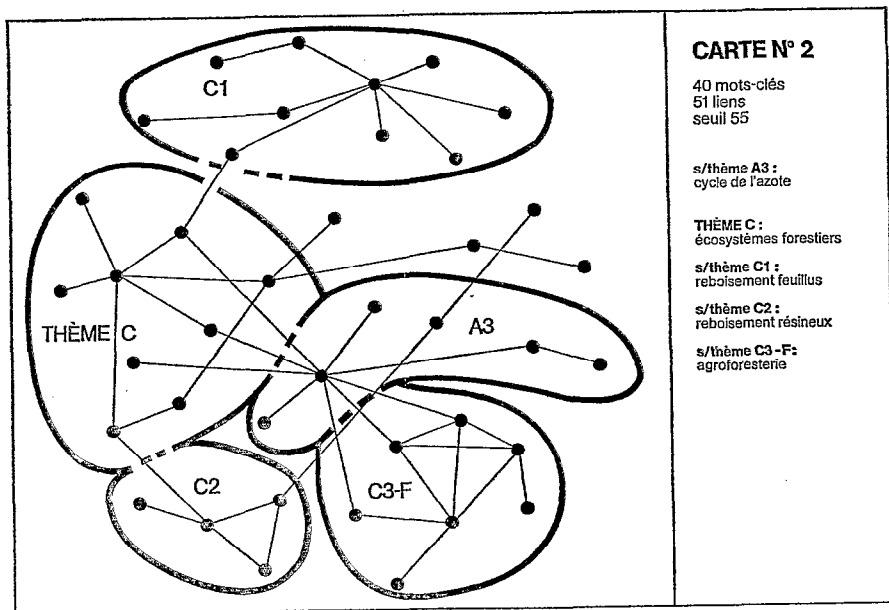
Carte n° 9. Thème A : fixation de l'azote

Il faut ensuite passer à la neuvième carte pour trouver le sous-thème A4 « *activité enzymatique* » (33 occurrences). Les autres descripteurs précisent :

« *nitrogénase* », « *nitrate réductase* », « *ammonium* ». Les enzymes sont des substances organiques qui accélèrent les réactions biochimiques. Un rapide examen des liens supérieurs et inférieurs précise immédiatement qu'il s'agit bien de l'activité enzymatique des microorganismes du sol : toutes les liaisons se font avec les descripteurs du thème A.

Carte n° 11. Thème A : fixation de l'azote

La carte n° 11 introduit le sous-thème A5 que nous définissons par le mot « *rhizosphère* » (29 occurrences). Les descripteurs « *actinomycète* », « *antibio-*



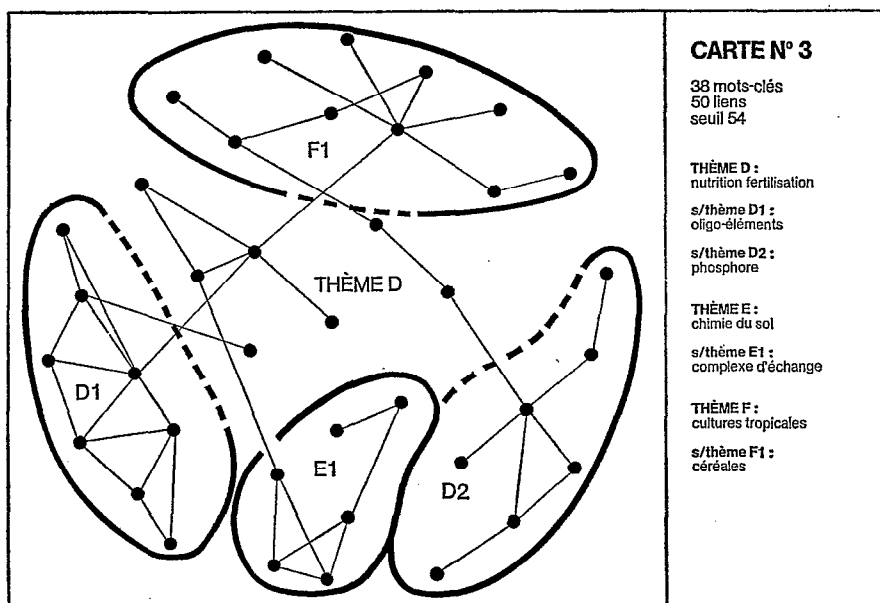
tique », « *rhizobium* » renvoient à la carte n° 1, aux thèmes A et B. Le sous-thème correspond à l'étude approfondie de processus qui se passent au contact immédiat des racines.

Carte n° 12. Thème A : fixation de l'azote

Dans la carte n° 12, nous isolons un agrégat qui paraît indépendant mais qui en réalité est proche (ce que confirme l'examen des liens supérieurs et inférieurs) de la première carte. Il s'agit du sous-thème A6 que nous caractérisons par « *anabaena* » - « *azolla* » (7 et 12 occurrences). Il s'agit évidemment de la symbiose entre une cyanobactérie fixatrice d'azote et une fougère aquatique que nous avons décrite plus haut.

Au total, une analyse très complète des recherches sur la microbiologie du sol et sur les techniques biologiques vient de nous être donnée par la cartographie automatique des cooccurrences de mots clés de la base Pascal.

On peut considérer que les études microbiologiques dont il vient d'être question font partie des « sciences du sol » ; mais, ainsi que cela a été dit plus haut, tous les classements sont contestables. Il ne faut donc pas attacher une signification formelle aux regroupements que nous effectuons simplement pour faciliter notre exposé. Ces réserves faites, nous allons décrire comme « sciences du sol » trois thèmes : l'un qui porte sur la *chimie du sol*, le second qui représente la *pédologie générale*, le troisième qui traite des *matières organiques*. Ces trois thèmes auraient pu être réunis en un seul ou au contraire subdivisés davantage. En réalité, nous avons voulu respecter autant que possible l'enchaînement des structures que les programmes Leximappe ont fait émerger. Ce sont des données de *chimie du sol* qui sont apparues les premières (après la microbiologie du sol), dans l'ordre de numérotation des cartes : nous avons donc créé un thème. La pédologie générale est apparue ensuite, et nous avons défini un autre thème. Lorsque les études de la matière organique ont été identifiées, plus loin encore, nous avons créé un troisième thème, en quelque sorte symétrique du premier, et pour tenir compte des proximités scientifiques. Les études de matière organique étant très liées à la microbiologie, nous n'avons pas voulu



les placer dans le même thème que l'altération et la géochimie des sols. La description de tout cet ensemble se fera donc dans cet ordre.

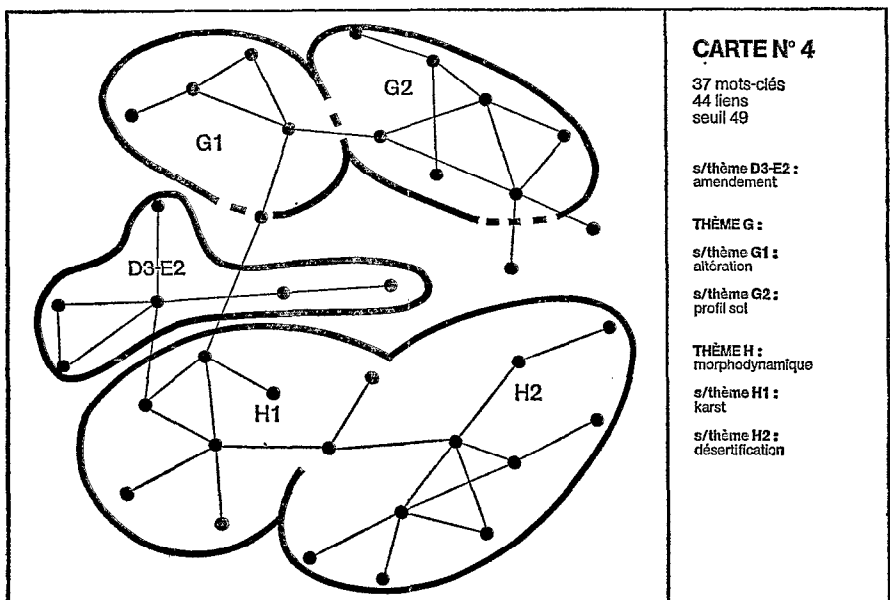
Carte n° 3. Thème E : chimie du sol

Le thème E « *chimie du sol* » apparaît dès la carte n° 3, mais il est en réalité fragmenté, ce qui se comprend en raison des multiples utilisations des

données chimiques. C'est d'ailleurs nous qui avons choisi l'expression « chimie du sol » (qui n'est pas un descripteur figurant sur les cartes) pour réunir plusieurs agrégats. C'est le sous-thème E1, que nous avons appelé « *complexe d'échange* », qui se présente le premier sur la carte n° 3. Les descripteurs sont « *échange d'ions* » et « *capacité d'échange* » ; ils sont complétés par les noms des quatre bases principales : « *sodium* » (30 occurrences), « *magnésium* » (47 occurrences), « *calcium* » (49 occurrences) et « *potassium* » (56 occurrences).

Carte n° 7. Thème E : chimie du sol

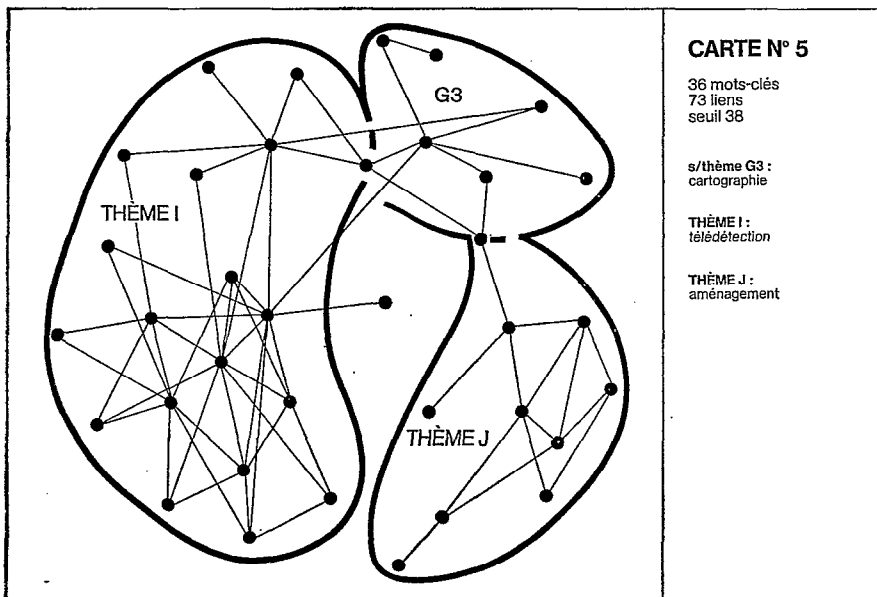
Sur la carte n° 7, nous identifions le sous-thème E2 « *échange de cations* » (26 occurrences), qui est très proche du précédent mais qui porte davantage sur les méthodes de laboratoire, comme le montre le descripteur « *ammonium acétate* » (on mesure souvent la capacité d'échange par l'acétate d'ammonium à pH 7, par exemple). Pour les non-spécialistes, précisons rapidement que les bases dites échangeables saturent plus ou moins partiellement la capacité d'échange des colloïdes du sol, et que par là elles sont en relation d'une part avec l'acidité du sol, d'autre part avec la nutrition des plantes en éléments majeurs (potassium, etc.). Aussi trouve-t-on directement lié au précédent dans la carte n° 7 le sous-thème E3 « *acidité* ». Cette fois, c'est plus précisément du « *pH* » du sol (75 occurrences) dont il est question, et des phénomènes de « *toxicité* » (29 occurrences) qui lui sont associés. Il faut savoir en effet que lorsque l'acidité du sol est trop forte, des métaux comme le manganèse et surtout l'aluminium passent à l'état échangeable ou même soluble et deviennent toxiques pour beaucoup de plantes cultivées (arachide, caféier, etc.). L'aluminium échangeable est considéré comme l'un des principaux facteurs limitant la productivité de beaucoup de sols ferrallitiques, au Brésil par exemple.



Carte n° 4. Thème G : sols

La pédologie générale apparaît, dans la carte n° 4, avec les deux sous-thèmes G1 et G2, respectivement désignés comme « *altération météorique* » (32 occurrences) et « *profil sol* » (42 occurrences). C'est par ces deux sujets que commencent beaucoup de manuels de pédologie : l'altération des roches est le processus initial, elle produit les matériaux meubles qui vont être réagencés dans un profil de sol évolué. Dans les régions chaudes et humides, l'altération est intense, et les profils pédologiques atteignent un développement considérable. Le sous-thème G1 possède plusieurs descripteurs significatifs : « *bauxite* » (5 occurrences) qui désigne le matériau ultime de l'altération, « *latérite* » (16 occurrences) qui est un terme ancien et d'usage très général, et « *ultrabasite* » (6 occurrences). Ce dernier terme définit des roches assez particulières : sa présence peut surprendre. L'examen des publications concernées explique sa présence. Il se trouve que plusieurs auteurs ont étudié en Côte d'Ivoire l'altération et la pédogénèse de certains rares pointements de roches ultrabasiques. Sans valeur pour l'aménagement agricole en raison de leur faible surface dans un pays formé surtout d'un vieux socle de roches acides, les ultrabasiques sont presque dépourvues d'aluminium et de silice libre. Altération et pédoplasmation, deux processus essentiels de la genèse des sols, se présentent alors comme des cas particuliers intéressants à étudier parce qu'ils peuvent faire comprendre des cas plus généraux mais aussi beaucoup plus complexes. Pour d'autres années, les publications sur la Côte d'Ivoire ne mentionneront plus les roches ultrabasiques et feront place à de tout autres sujets. Cet exemple montre que la cartographie thématique répercute les irrégularités de la production scientifique.

Le sous-thème G2 se définit d'abord par trois descripteurs qui se suivent logiquement : « *roche mère* », « *différenciation* » « *profil sol* ». Il comprend aussi : « *composition minéralogique* » (13 occurrences), « *analyse majeurs* » (15 occurrences), « *analyse mineurs* » (11 occurrences). Les éléments majeurs



du sol sont la silice, l'alumine, les sesquioxydes de fer. Les éléments mineurs correspondent aux oligo-éléments : manganèse, cobalt, nickel, cuivre, etc. Nous avons là les éléments essentiels d'une bonne caractérisation pédologique, matière organique exclue (il en sera question plus loin), principalement axée sur les données minéralogiques et de chimie minérale. L'organisation du sol (et ses processus génétiques) semble en revanche peu présente dans les publications concernées, ce qui peut à nouveau être considéré comme une irrégularité dans le rythme des publications. En contrepartie, une bonne liaison se dessine avec les études sur la nutrition minérale, en oligo-éléments notamment.

Carte n° 5. Thème G : sols

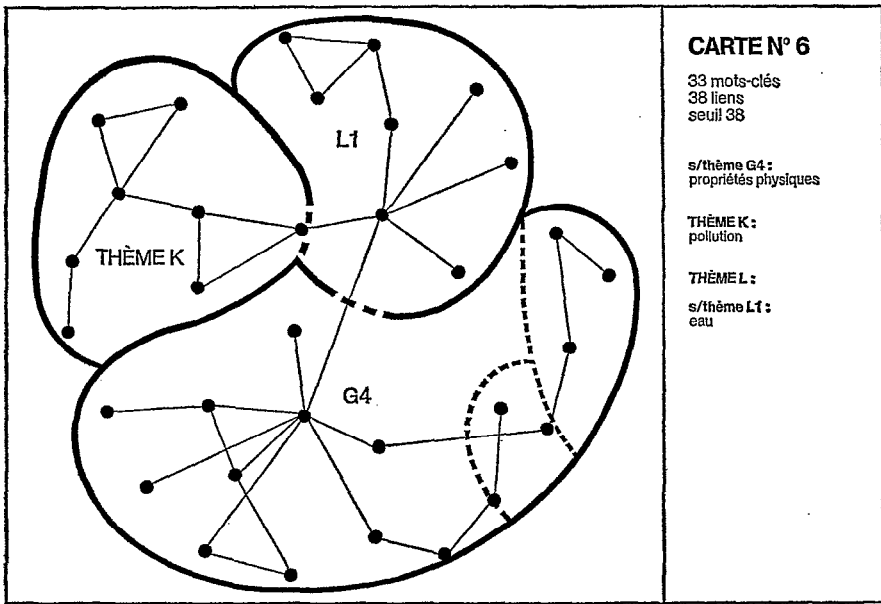
La carte n° 5 contient le sous-thème G3 « *cartographie* » (39 occurrences), que définissent également « *carte pédologique* », « *analyse structurale* », « *géomorphologie* », « *photographie aérienne* », « *genèse* ». Il n'y a pas de surprise à trouver ce sous-thème associé dans la même carte à ceux de la télédétection et de l'aménagement.

Carte n° 6. Thème G : sols

La carte suivante, n° 6, fait une place très importante au sous-thème G4 que nous définissons comme l'étude des « *propriétés physiques* » des sols (54 occurrences). Il faut souligner que ces propriétés physiques ne semblent pas (à très juste titre) s'étudier indépendamment, car elles sont liées dans le même agrégat aux « *propriétés chimiques* » (26 occurrences). Les autres descripteurs confirment cependant qu'il s'agit essentiellement de la physique du sol : « *texture* », « *structure sol* », « *stabilité structurale* », « *densité apparente* », « *porosité* », « *humidité* », etc. Sur la carte nous avons isolé par des pointillés deux petits sous-ensembles : l'un avec « *température* » et « *facteur du milieu* », l'autre avec les indicateurs de la texture des sols (sols « *sableux* », « *argileux* », « *limoneux* »). L'examen des liens indique rapidement en quels pays, l'Égypte notamment, se trouvent les principaux sols étudiés.

Carte n° 8. Thème G : sols

Toujours rattaché à la pédologie générale, mais moins bien défini que les précédents, le sous-thème G5 apparaît sur la carte n° 8. Avec 78 occurrences, le descripteur « *sol tropical* » lui sert de définition. On trouve également d'autres noms de sols, plus précis : « *sol latéritique* », « *oxisol* », « *ultisol* ». Nous avons séparé sur la carte ce premier groupe homogène des autres descripteurs par une ligne pointillée. La partie externe de l'agrégat mentionne surtout des pays : Chili, Brésil, Malaisie. Dans son ensemble, ce sous-thème pourrait être pris comme la représentation d'un ensemble d'études de géographie des sols. Néanmoins, il nous semble qu'il y a assez peu de véritables études de géographie comparative. Les travaux cartographiques restent généralement dans un cadre très régional. La cooccurrence des descripteurs que nous venons de mentionner nous



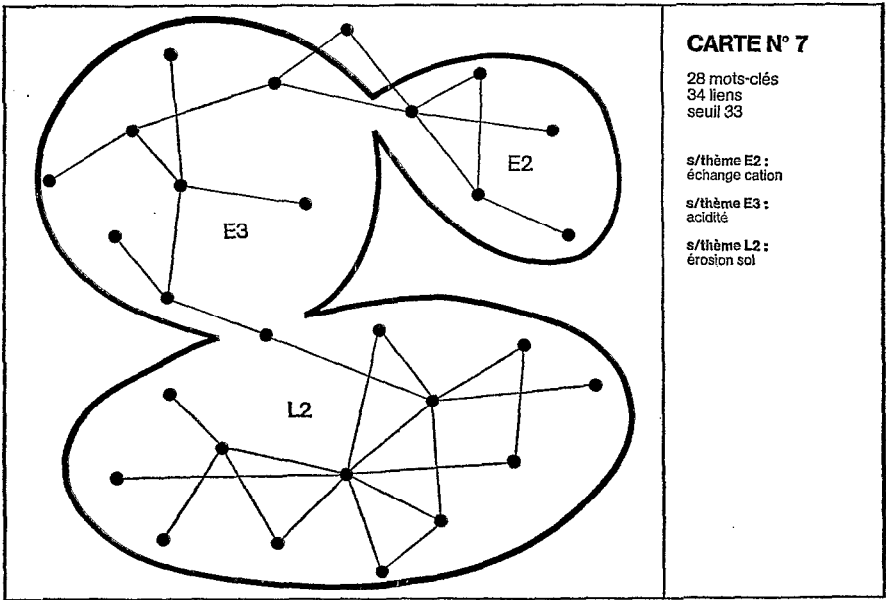
paraît un peu artificielle, ce qui constitue une exception dans l'examen des cartes.

Carte n° 9. Thème G : sols

Avec une très belle structure en toile d'araignée, le sous-thème G6 sur la carte n° 9 constitue, au contraire du cas précédent, une belle démonstration de l'analyse des cooccurrences. Il s'agit de l'étude minéralogique des sols. Incontestablement, c'est une des parties fortes de la pédologie, parce qu'elle s'appuie sur les techniques et théories des très anciennes disciplines scientifiques que sont la minéralogie et la géologie. Pour définir le sous-thème, nous avons retenu « *argile minéralogique* » qui possède 40 occurrences. Quelques méthodes essentielles sont indiquées : « *diffraction de rayons X* », « *données Microscope Electronique à Balayage* ». Les principales espèces argileuses existant dans les sols sont citées. La « *kaolinite* » occupe le point central de la toile d'araignée. L'inventaire se poursuit avec « *goéthite* », « *hématite* », « *gibbsite* », « *montmorillonite* », « *vermiculite* », « *chlorite* » et al. Pourquoi la kaolinite occupe-t-elle une position privilégiée dans le graphisme ? Il faut savoir que c'est, de loin, l'argile la plus fréquente dans les sols tropicaux. Avec elle coexistent souvent des produits d'altération encore plus avancés : la gibbsite, notamment, ou des produits d'altération moins avancés : vermiculite, montmorillonite. La kaolinite est caractérisée par un rapport moléculaire silice/alumine égal à 2. Un rapport supérieur définit ce qu'on appelle la bisiallitisiation, un rapport inférieur définit l'allitisation.

Ce rappel étant fait, nous pouvons conclure que la kaolinite occupe une position clé à la fois par son abondance dans la nature et par sa place dans l'évolution des argiles : le graphe de la carte n° 9 semble spécialement construit

pour le rappeler. L'examen de ce que nous avons appelé les « sciences du sol » se conclut donc sur des remarques très positives concernant la valeur de la cartographie automatique.



Agronomie tropicale et plantes cultivées

Jusqu'à présent nous avons beaucoup insisté sur les questions de méthodes, ce qui est essentiel pour comprendre la validité des résultats, et peut-être les comparer ensuite avec ceux que l'on peut obtenir par d'autres voies. Dans les pages précédentes, nous avons voulu démontrer également qu'il est très facile de rattacher la cartographie Leximappe à un discours scientifique général. En poursuivant l'analyse des thèmes et sous-thèmes identifiés, nous procéderons maintenant plus rapidement.

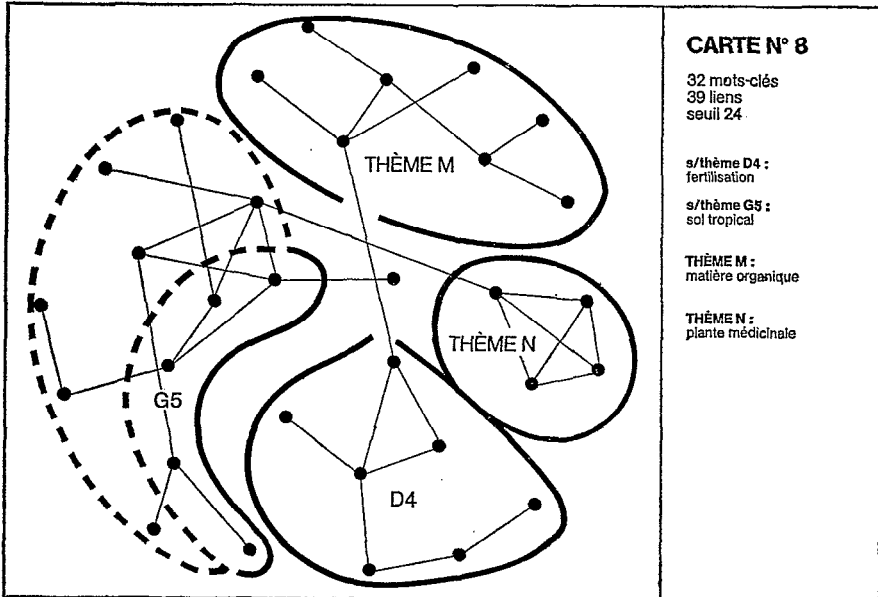
Carte n° 3. Thème D : nutrition

La nutrition des plantes constitue le thème D qui apparaît sur la carte n° 3. Quelques descripteurs très généraux (« nutrition », « engrais azotés », « engrais potassiques ») occupent la partie centrale de la carte. Les sous-thèmes précisent les domaines d'application.

Le sous-thème D1 « oligo-éléments » (124 occurrences) apparaît (carte n° 3) comme l'un des agrégats les plus fortement structurés de toutes les cartes : le nombre de liens entre les descripteurs est très élevé. Les oligo-éléments, nous l'avons déjà dit, sont les éléments chimiques (métaux pour la plupart) qui entrent dans la nutrition des plantes sous de très faibles quantités. Le problème qu'ils posent se complique du fait des interactions qu'ils exercent entre eux sur la nutrition des plantes. De nombreuses expérimentations, des calculs de corréla-

tions multiples sont nécessaires pour préciser les seuils de déficience ou de toxicité, pour telle culture, sur tel sol, etc. Les descripteurs précisent qu'il s'agit du fer, manganèse, zinc (apparemment le plus étudié, avec 84 occurrences), cuivre, molybdène, bore.

Les « engrais phosphatés » (45 occurrences) définissent, toujours sur la carte n° 3, le sous-thème D2. Le phosphore étant un nutriment majeur, depuis longtemps étudié et utilisé en fertilisation, on peut penser que les publications rendent compte de travaux de routine, que l'on appelle parfois suivi des cultures. C'est ce que donne à penser le mode de publication qui se fait majoritairement dans des revues locales (voir chapitre IV), comme pour beaucoup d'études sur la fertilisation minérale. Cette remarque est faite sous toute réserve, puisque nous n'avons pas examiné toutes les publications.



Carte n° 4. Thème D : nutrition

A la carte suivante, nous avons isolé un intergrade, le sous-thème D3-E2, défini comme « amendements ». Il s'agit surtout d'études sur les terres déséquilibrées chimiquement et qu'il faut corriger : « sol sodique », « gypse », « sol acide », la correction se faisant souvent par la « chaux ». Le caractère intergrade traduit une liaison d'ensemble avec la chimie du sol (E2).

Carte n° 8. Thème D : nutrition

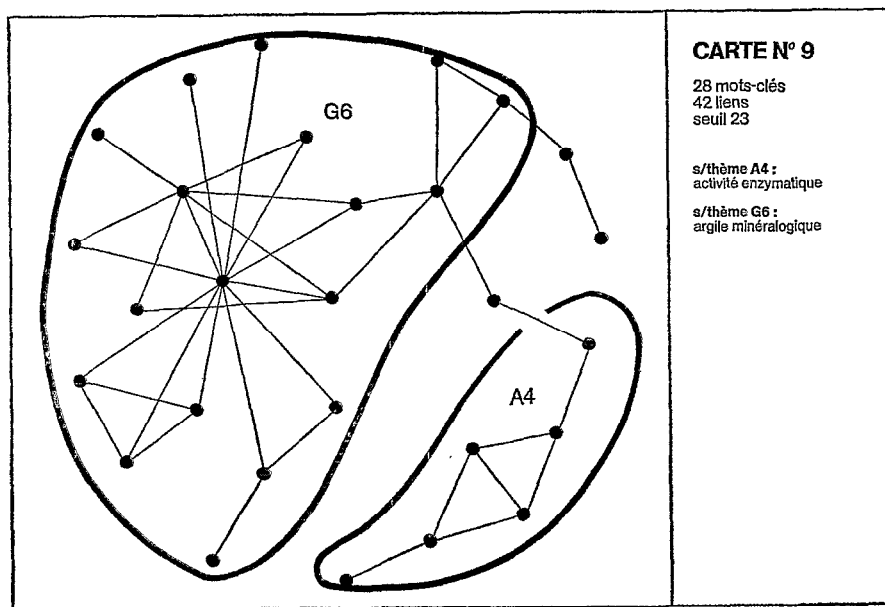
Un nouvel agrégat, sur la carte n° 8, représente le sous-thème D4 « fertilisation » (78 occurrences). L'aspect méthodologique prime, avec les descripteurs « expérimentation », « étude en champ ». Les engrais utilisés sont surtout potassiques et phosphatés.

Carte n° 1. Thème F : cultures tropicales

Les « *cultures tropicales* » constituent le thème F qui intervient dès la carte n° 1. Nous y avons en effet défini deux sous-thèmes intergrades entre le thème de la fixation de l'azote (A) et celui des cultures tropicales (F). Ces intergrades font référence aux « *plantes légumières* » et aux « *plantes fourragères* », qui ont évidemment une grande importance dans la production agricole et qui surtout représentent (avec des plantes de la famille des légumineuses) un matériel végétal de premier plan pour la recherche de techniques biologiques d'amélioration de la fertilité (voir plus haut).

Carte n° 2. Thème F : cultures tropicales

Un autre sous-thème intergrade, noté C3-F, sur la carte n° 2, fait intervenir les « *plantes stimulantes* » (16 occurrences), qui sont bien entendu le caféier, le théier, le cacaoyer. On expliquera plus loin pourquoi les études faites sur ces plantes se trouvent classées pour nous dans un autre thème. En considérant les autres cartes, sept nouveaux agrégats propres au thème « *cultures tropicales* » se présentent ensuite.



Carte n° 3. Thème F : cultures tropicales

Le sous-thème F1 « *plantes céréalières* » (252 occurrences) dans la carte n° 3 représente un nombre considérable de travaux. Le riz surtout, puis le maïs, et moins souvent le blé sont étudiés sous l'angle de la « *fertilisation* » (110 occurrences) et des « *rendements* » (144 occurrences), en relation avec surtout les

« engrais azotés » (« urée », « sulfate d'ammonium »). En réalité, les descripteurs de la carte ne représentent pas les seules céréales étudiées : la liste complète des mots clés fait aussi apparaître le sorgho, le mil, l'orge. Incontestablement, les céréales représentent une préoccupation dominante dans l'agriculture du Tiers-Monde.

Carte n° 10. Thème F : cultures tropicales

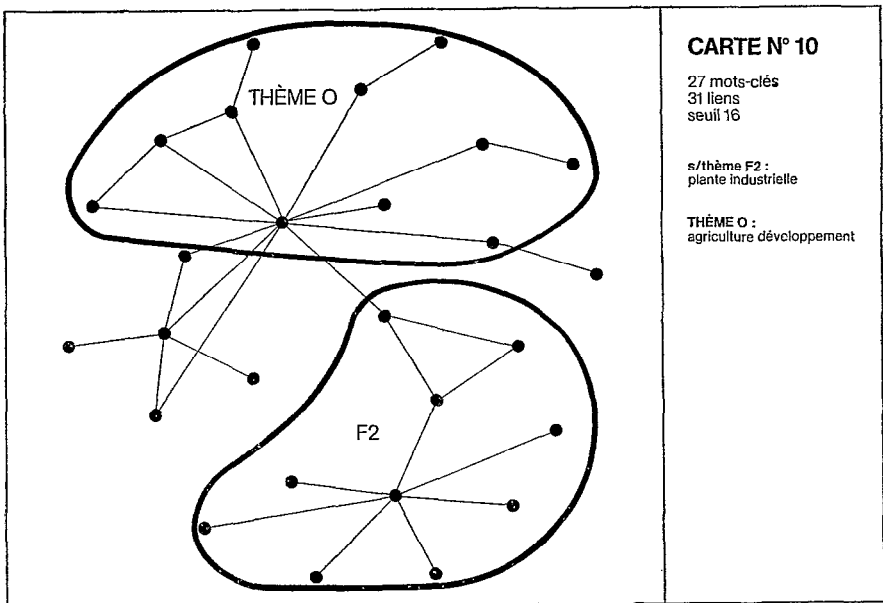
Il faut passer ensuite à la carte n° 10 pour trouver les « plantes industrielles » (45 occurrences) dont nous faisons le sous-thème F2. Les descripteurs mentionnent manioc, tabac, canne à sucre.

Carte n° 11. Thème F : cultures tropicales

Les « plantes oléagineuses », avec 85 occurrences, apparaissent sur la carte n° 11 (sous-thème F3). Les descripteurs de la carte précisent qu'il s'agit surtout du soja (65 occurrences) dont nous avons vu l'intérêt pour la fixation de l'azote, puis de l'arachide, du palmier à huile, et enfin du colza.

Avec 49 occurrences, les « plantes fruitières » définissent sur la même carte le sous-thème F4 : banane, citrus, mangue, vigne.

Sur la même carte, à côté des deux précédents agrégats, sont mentionnées les « plantes à fibre » (20 occurrences), avec bien entendu le coton, dans le sous-thème F5.



Cartes n° 12 à 16. Thème F : cultures tropicales

Enfin, dans les dernières cartes, le sous-thème F6 représente les « pâturages » et le sous-thème F7-A l'étude de la fougère aquatique *azolla* dont nous avons déjà parlé.

Ecosystèmes, télédétection, érosion

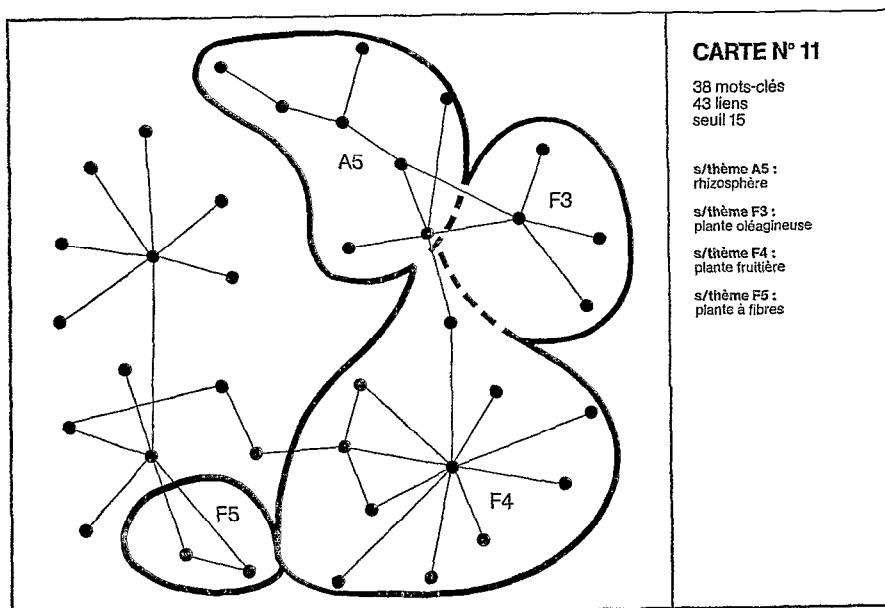
Une année de recherche scientifique représente encore beaucoup d'autres travaux que ceux énumérés dans les paragraphes précédents. Nous allons voir maintenant apparaître les études qui s'écartent le plus de notre thématique centrale.

Carte n° 2. Thème C : écosystèmes forestiers

La carte n° 2 est principalement faite de recherches sur les « écosystèmes forestiers » (thème C). La partie centrale du thème est bien définie par les deux descripteurs « écosystème » avec 19 occurrences et « forêt » avec 41 occurrences. Plus précisément, ce qui est étudié, c'est le « cycle biochimique », et plus particulièrement encore celui de l'azote. Trois sous-thèmes se raccordent au thème principal sur la même carte.

Le premier, noté C1, porte sur les « reboisements en feuillus », ainsi que le précise le descripteur « arbre forestier feuillu » (37 occurrences). Les espèces les plus importantes sont les « eucalyptus » et les « acacia ». L'« analyse foliaire » est un des moyens de travail.

Le deuxième, noté C2, traite des « reboisements en résineux ». Le nombre d'occurrences est moindre (27 pour « arbre forestier résineux »), et l'on précise qu'il s'agit de « *pinus caribaea* » et de « *pinus radiata* ».



Le troisième sous-thème est l'intergrade noté C3-F. Il concerne, ainsi que nous l'avons dit plus haut, les plantes stimulantes, avec la particularité qui nous intéresse maintenant et qui est d'associer au théier, caféier ou cacaoyer des « *essences d'ombrage* » et plus spécifiquement des « *érythrines* ». Cette association est un cas particulier de ce qu'on appelle actuellement « *agroforesterie* ». Le lecteur intéressé peut se reporter à l'exposé fait sur les techniques agroforestières par F. Hallé (in *Milieux et Paysages*, Masson, 1986). Il verra que l'agroforesterie, dans ses formes les plus avancées, représente une forme d'exploitation de la nature originale, conservatrice des ressources biologiques, et qui fait l'économie des engrais et pesticides.

Carte n° 4. Thème H : morphodynamique

La quatrième carte donne place aux études géomorphologiques, que nous représentons par le thème H « *morphodynamique* » (47 occurrences). En fait, les publications réalisées se distribuent en deux sous-thèmes, l'un portant sur les « *karst* » et l'évolution des reliefs calcaires (H1), l'autre (H2) sur la « *désertification* », l'« *érosion éolienne* » et les « *dunes continentales* », mais aussi sur les « *dunes côtières* » et toutes les morphologies dominées par le « *sable* ».

Carte n° 5. Thème I : télédétection

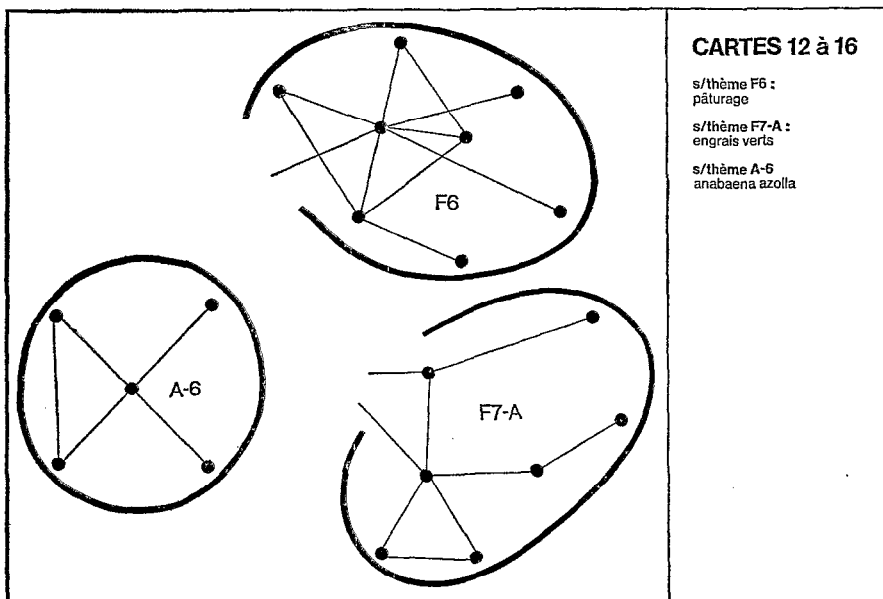
Nous passerons rapidement sur les thèmes suivants. La « *télédétection* » (32 occurrences) ou « *télédétection multispectrale* » (23 occurrences) (thème I) ne nécessite pas une longue présentation ; il s'agit d'une technique de pointe dont les médias parlent beaucoup. Nous ajouterons seulement que le plan de classement du Bulletin signalétique fait apparaître un nombre relativement faible d'études en télédétection (AO3) (voir chapitre IV). La cartographie automatique a rétabli l'importance d'une technique que l'on peut trouver effectivement disséminée dans des publications variées.

Carte n° 6. Thème K : pollution

Nous nous attarderons moins encore pour présenter le thème K « *pollution* » à la carte n° 6. On y trouve la « *pollution du sol* » (9 occurrences) par les « *métaux lourds* » (11 occurrences) : « *plomb* » et « *cadmium* » sont mentionnés.

Carte n° 6. Thème L : eau - érosion

Une certaine attention au contraire doit être donnée au thème L « *eau - érosion* » qui intervient sur les cartes n° 6 et 7. Un premier sous-thème L1 est centré sur le descripteur « *eau* » (70 occurrences). Il s'agit de préciser le « *régime hydrologique* », en étudiant ses composantes principales : « *infiltration* », « *réten-tion* », « *conductivité hydraulique* ». Il est clair que les études représentées ici



sont liées d'une part à la physique des sols (G4) et d'autre part à l'hydrologie (discipline qui n'entre pas dans notre étude).

Carte n° 7. Thème L : eau - érosion

Le sous-thème L2 est d'un intérêt majeur pour beaucoup de pays du Tiers-Monde : il porte sur l'« *érosion* » (érosion en général, 36 occurrences) et surtout sur l'« *érosion du sol* » (39 occurrences). En tant que processus général, l'érosion renvoie à l'action fluviale, avec les descripteurs « *bassin versant* », « *érosion fluviale* », « *suspension* », « *volume sédimenté* ». Plus précisément pour les sols, l'érosion est liée aux « *précipitations* », au « *ruissellement* », à l'« *érodibilité* » des terres. Nombre des descripteurs, nombre des occurrences et fortes liaisons confirment qu'il s'agit d'un thème important.

Carte n° 8. Thème N : plantes médicinales

Mentionnons enfin pour terminer le thème N « *plante médicinale* » à la carte n° 8. Effectivement, quelques publications concernant la recherche de plantes médicinales en Guyane française se trouvaient dans les rubriques des Bulletins signalétiques que nous avons retenues. La cartographie automatique les isole à juste titre, mais elles n'entrent pas dans nos préoccupations.

Carte n° 5. Thème J : aménagement du sol

La carte n° 5 comporte un agrégat que nous dénommons thème J, et qui peut se définir par deux descripteurs apparemment presque synonymes : « *aménagement du sol* » (16 occurrences) et « *utilisation du terrain* » (24 occurrences). « *Ecologie* » (24 occurrences) et « *planification* » (10 occurrences) contribuent à préciser l'orientation du thème, de même que l'indication des « *zones arides* », du « *climat* » et de la « *bioclimatologie* ».

Carte n° 10. Thème O : recherche-développement

Dans les pays du Tiers-Monde comme ailleurs, la recherche agronomique a des problèmes généraux de financement, de programmation, de liaison avec le développement, et qui sont exprimés dans des rapports d'activité, lors de certains congrès, etc. Mais surtout se développe dans le cas des pays en développement une discipline à part entière, la « *recherche-développement* » (étude des Farming Systems en anglais), qui consiste en l'étude des systèmes de production ruraux. Toutes ces questions sont représentées, sur la carte n° 10, par le thème O « *agriculture - développement* ». Les principaux descripteurs sont « *agriculture* » (101 occurrences), « *rapport d'activité* » (24 occurrences), « *recherche-développement* », « *pays en développement* », « *mise en valeur* » avec chacun 17 occurrences. « *Afrique* », « *Sénégal* », « *Haute-Volta* » soulignent vers quelles contrées se sont portées les principales préoccupations. On retrouve ici dans une large mesure les documents de la rubrique AO1 (comptes rendus généraux) du plan de classement du Bulletin signalétique 381 (voir chapitre II).

CHAPITRE VIII

LES RECTIFICATIONS NECESSAIRES

Au terme de cette étude bibliométrique, il nous semble important d'en rappeler les principaux résultats, mais aussi d'évoquer les aspects que nous n'avons pas pu traiter et qui mériteraient une attention particulière afin de poursuivre l'effort entrepris dans la connaissance de la science disponible pour les pays du Tiers-Monde.

Nous sommes partis de ce postulat que *la science reste porteuse d'espoir dans les pays en développement*, contrairement aux pays du Centre, plus touchés par la critique des effets négatifs. Cet espoir, afin qu'il ne soit pas déçu, nécessite d'orienter les recherches des PED vers leurs nécessités et leurs besoins. Cette orientation doit suivre une dynamique qui lui soit propre et qui autorise le développement de communautés scientifiques autonomes. Cependant, l'autonomie ne signifie pas l'autarcie, le repliement sur soi-même. Nous avons eu à signaler à plusieurs reprises cet aspect, que d'autres avant nous ont nommé « in-breeding » (Velho et Krige, 1984).

Non seulement croyons-nous *cette autonomie nécessaire, mais nous pensons qu'elle se construit, en ce moment même, dans les faits, au rythme de la consolidation des communautés nationales*. Nous parlons bien des « communautés » nationales et non des systèmes ou appareils de recherche, termes qui ont trop souvent été invoqués pour désigner des fantômes sans existence. Aucune politique scientifique ne peut être bâtie sans chercheurs : évidence qui a été oubliée, aussitôt prononcée, par plus d'un plan de développement scientifique et technologique.

Malgré le bourgeonnement récent de travaux bibliométriques, à la fois *la production scientifique des pays en développement et la science disponible pour eux sont mal connus*. Une attention trop sélectivement portée sur la communauté internationale, sur les sciences physiques, sur les règles du jeu imposées par les pays nantis a caché les effets de domination scientifique que porte en son sein la « science mondiale ».

A vouloir trop mesurer la part des pays du Sud dans cette « science mondiale », on en est venu à oublier les effets de cette science sur les communautés scientifiques du Sud. Toute la science n'est pas contenue dans le « mainstream », dans le courant majoritaire, et vouloir s'intégrer au « mainstream » n'est pas la seule option possible de développement. Bien plus, nous pensons avoir montré qu'une bonne part des recherches menées sur les régions chaudes se faisait en dehors du « mainstream » ; que ce sont les pays du Sud eux-mêmes qui sont responsables des orientations thématiques dans les sciences du sol et de l'agro-

nomie. Ce qui est d'autant plus encourageant que ces domaines sont directement liés aux problèmes « urgents » que pose le développement. Il y a là quelques raisons de se réjouir et de ne pas participer au concert des lamentations sur l'impossible sortie du sous-développement. A quoi il faut ajouter que l'espoir ne signifie pas l'autosatisfaction mais appelle à la vigilance.

Nous n'avons pas voulu dénoncer de responsables des distorsions ou des éventuelles fausses pistes parfois suivies par les pays en développement. Les responsabilités sont bien trop partagées pour qu'un seul acteur (le Nord, les Etats-Unis, l'impérialisme ou les multinationales) puisse être désigné. Au contraire, nous avons voulu signaler qu'il existe des stratégies scientifiques, plus ou moins consciemment poursuivies ou défendues, mais réelles et présentes. Quiconque ferait abstraction de ces stratégies, au niveau national et international, serait voué à tracer une politique irréaliste. Ce qui est à l'ordre du jour n'est pas à notre avis seulement le besoin de changer de politiques scientifiques ou de désigner des coupables ; ce qui nous semble important, c'est de rectifier l'image de la science, les conceptions relatives à son fonctionnement qui trop souvent s'inspirent de visions périmées ou de travaux biaisés.

Croissance de la littérature et évolution des disciplines

On entend souvent dire que la croissance exponentielle des publications scientifiques est un des maux qui frappent notre époque, bien que l'accroissement de la quantité de science et du nombre des scientifiques paraisse souhaitable. L'idée qui s'exprime derrière cette mise en garde est qu'aucun homme ne peut lire tout ce qui s'écrit en science, ni même dans une seule discipline. Cette opinion, fort commune, méconnaît le caractère profondément différencié de la littérature scientifique. Les chercheurs n'ont bien heureusement pas à lire tout ce qui concerne leur discipline. Ils doivent s'en tenir à leur spécialité et choisir (avec discernement) une partie restreinte de la littérature en question.

Notre remarque ne doit pas être interprétée comme une incitation à une trop grande spécialisation qui porterait en retour préjudice au développement de la pensée scientifique. Nous sommes bien loin de l'époque où le chercheur était un « savant », où le « naturaliste » pouvait se permettre d'être ouvert à toutes les disciplines, comme cela était le cas d'un Alexandre de Humboldt. Néanmoins, certaines tentatives récentes veulent offrir au scientifique moderne un type de connaissances plus globales et souhaitent des chercheurs moins figés dans une « spécialité ». Ces tentatives sont particulièrement fortes dans les sciences relatives aux pays du Sud, où se pose la question de créer une « recherche scientifique spécifique pour les pays en développement, recherche complètement neuve... » (revue *Tiers-Monde*, étude IEDES citée par Chatelin, 1986).

L'exemple des sciences de la nature illustre cette nécessité (voir *Milieus et Paysages*, Masson, 1986). Notre propos ici n'est pas de justifier cette nécessité, mais de remarquer une fois de plus que le chercheur n'est pas acculé à la spécialité. Nous pouvons même affirmer que la novation en science naît souvent d'une lutte de l'homme de science contre ce qu'il considère comme un cadre trop étroit.

De plus, il est difficile de critiquer en bloc la croissance de la littérature en affirmant (comme font certains) que « 90 % de la production écrite est mauvaise ». Ce rejet est non seulement infondé, mais il fait preuve d'une mécon-

naissance de l'usage de cette littérature et des mécanismes qui régissent la production scientifique.

Le caractère cumulatif de la science — comme d'ailleurs de la technologie — est la trame de la recherche. Dans le domaine agricole, un phénomène comme la « révolution verte » n'est pas autre chose qu'une suite de recherches longues et continues sur les cultivars productifs, la multiplication des hybrides, leur diffusion lente et disparate, l'association d'intérêts divers et parfois divergents. Si le résultat est spectaculaire, la recherche elle-même l'est beaucoup moins.

La croissance de la littérature n'est que l'un des indicateurs, sinon de la réussite de la science, du moins de *sa capacité à aller de l'avant*. En ce sens également, il nous paraît urgent de mettre en œuvre des méthodes d'observation « automatisée » de la littérature, afin de saisir rapidement le sens de son évolution.

*Evaluer la science disponible pour les régions chaudes :
une nouvelle tâche de la bibliométrie*

La production scientifique concernant les régions chaudes représente de l'ordre de 21 % de la production mondiale des sciences agronomiques et sciences du sol. Le quart est l'œuvre des pays du Nord ; on remarque parmi ces pays la position très forte de la France qui s'exprime par une présence importante sur le terrain. On a également observé une très importante participation des pays de la première Périphérie (Australie, Afrique du Sud, Israël, Nouvelle-Zélande). Enfin, les pays du Sud ont une part beaucoup plus élevée qu'on ne pouvait s'y attendre : ils réalisent eux-mêmes la moitié des 21 % de publications concernant les régions chaudes, soit de l'ordre de 10 % de la production scientifique mondiale concernant sols et agriculture.

Il s'agit là de données globales et qui cachent un grand nombre de situations très différentes. Nous avons aussi pu remarquer la différence de stratégie très nette qui existe entre les deux « grands » du Tiers-Monde : Inde et Brésil. *Le Brésil adopte une stratégie fortement autocentrée, alors que l'Inde joue plutôt la carte de l'insertion dans la communauté internationale.*

Une deuxième remarque concerne le type de données que manipulent habituellement les études bibliométriques. On crédite couramment le Tiers-Monde de 4 à 5 % de la production scientifique mondiale. Outre que ce chiffre est faux (pour sols et agriculture), cela ne tient pas compte de *la taille des communautés scientifiques* : rien de comparable entre les USA et leurs trois cent mille chercheurs, le Brésil et ses vingt-cinq mille chercheurs ou le Venezuela qui n'a que quatre mille chercheurs (ce qui est plus proche des moyennes mondiales). Mais sans doute plus importante que la taille des communautés est *la différence majeure des conditions écologiques* : rien de comparable entre les sols de l'Amérique du Nord et ceux de l'Afrique centrale. C'est pourquoi il nous semble illégitime de proclamer que telle ou telle partie du monde n'effectue que X % de la recherche mondiale. Ce type d'argument n'a de sens que dans le cas des sciences physiques, encore que là aussi les contraintes locales doivent être prises en compte. Le soleil ne brille pas de la même façon sur l'ensemble de la planète, et un litre d'eau n'a pas la même valeur au Sahel et dans le Middle West. Les pays du Sud montrent qu'ils s'intéressent avant tout à leurs problèmes, parfois

plus timidement qu'il ne faudrait. N'essayons pas de les persuader de se préoccuper exclusivement de science internationale.

Ainsi les connaissances scientifiques sont-elles distribuées non seulement en fonction du nombre de chercheurs de chaque pays (ou de leurs ressources), mais aussi selon des zones géographiques et écologiques que les études bibliométriques se doivent de respecter.

Pourtant rares sont les travaux de bibliométrie qui respectent ces « frontières » géographiques. Nous avons vu d'une part que cela était dû à l'histoire de ce type de travaux, initiés aux Etats-Unis, et avec pour objectif d'évaluer la science des pays du Centre. Initialement, l'exploitation systématique des fichiers bibliographiques a été l'œuvre de personnes préoccupées par la question de l'efficacité et de la productivité de la recherche (F. Narin, 1976). Les travaux sur le Tiers-Monde ont suivi, à partir des mêmes bases de données. Mais, comme nous l'avons déjà dit, la base principale, celle de l'ISI, sous-estime dans de très fortes proportions la production scientifique des pays du Sud. Elle sous-estime aussi les travaux qui ne sont pas publiés en langue anglaise. En accord avec d'autres auteurs, nous pouvons affirmer que *les généralisations faites à partir de la base de données de l'ISI sont dangereuses ou tout simplement fausses.*

Stratégie autocentrée ou stratégie internationale ?

Ce conflit, bien réel, peut être examiné à partir de nombreux points de vue ; la politique éditoriale est celui que nous avons choisi, car la publication est l'aboutissement non seulement de la recherche, mais aussi du fonctionnement de la communauté scientifique.

Il ressort clairement de notre analyse qu'il existe des pays ayant une stratégie autocentrée, ce que démontrent les forts taux de publication dans les revues nationales. C'est le cas de la France et de l'Allemagne fédérale parmi les pays du Centre ; du Brésil, de l'Egypte et de l'Argentine parmi les pays du Sud. Au contraire, les pays de la première Périphérie ont tous une politique plus « internationaliste », ainsi que la Grande-Bretagne (au Nord) et l'Inde (au Sud).

Cette stratégie éditoriale dépend de plusieurs facteurs, en plus de ceux démographiques et écologiques déjà cités. L'un d'eux est simplement la présence ou l'absence d'un support pour publier : Israël se trouve dans ce cas de pays ayant une communauté relativement grande (et surtout très active) et ne disposant que de très peu de revues scientifiques.

Si l'on publie une étude sur les sols du bassin de Maracaibo (Venezuela) ou sur l'utilisation des déchets agricoles dans l'Etat de Sao Paulo (Brésil), il est probable que le sujet ne va intéresser que les chercheurs travaillant sur place. Au contraire, un article sur l'utilisation des organismes unicellulaires pour la fabrication des protéines dans l'industrie agro-alimentaire trouvera plus facilement une audience internationale. A cet égard, nous avons remarqué qu'à l'exception de l'Inde les pays du Sud publient avant tout des travaux localisés plutôt que des études générales. Le Brésil, pour reprendre cet exemple décidément très riche d'enseignements, publie non seulement beaucoup dans ses revues nationales, mais aussi beaucoup d'études localisées.

Il faut toutefois tempérer l'importance du facteur « type de travaux ». La France a une audience internationale (ce que confirme la forte participation à des réunions internationales) mais en revanche s'adonne beaucoup à des travaux

d'ordre local (dans les pays du Sud). La différence entre « local » et « général » peut être un artefact technique : un auteur qui cherche à tout prix l'audience internationale publiera en anglais plutôt que dans sa langue maternelle et présentera son travail de telle façon que les pairs dans son domaine soient intéressés. Seule une étude minutieuse des stratégies individuelles saurait détecter ce type de comportement. Nous reviendrons sur le problème à propos des priorités de recherche.

Il faut également préciser que le type de recherche, même selon des classifications très fines, ne peut être saisi que très difficilement. Une recherche fondamentale peut avoir de fortes implications quant à l'application — ce que d'aucuns nomment recherche « orientée ». Une recherche appliquée peut mener « naturellement » à des travaux fondamentaux (au Brésil, L. Velho a observé ce phénomène parmi la moitié des chercheurs qu'elle a interrogés). Et une étude très localisée peut avoir des répercussions très générales. Ainsi en va-t-il par exemple des travaux sur les cultures associées, pour prendre un exemple. Ou de recherches sur l'utilisation de la vinasse comme fertilisant, etc. Les frontières entre l'appliqué et le général sont difficiles à cerner, car elles évoluent au cours des recherches, et car elles sont le *résultat des négociations* que mènent les chercheurs (voir M. Callon, 1981). De plus, nous avons le sentiment — vérifié par notre étude sur une communauté de spécialistes des sols, au chapitre V — que le type de recherche dans le domaine agronomique et des sciences du sol ne détermine pas strictement les comportements de publication, et donc n'influence pas non plus de façon essentielle la productivité des chercheurs.

La langue aussi est un facteur qui doit tempérer l'opposition entre le national et l'international. Selon les normes du « mainstream », les auteurs des PED auraient tendance à publier de préférence en anglais. C'est le cas de l'Inde : mais l'anglais est-il une langue étrangère dans ce pays ? Le cas du portugais illustre l'option autocentrée : 7 % des publications sont en portugais, quasiment toutes brésiliennes. L'anglais se taille effectivement la part du lion avec les trois quarts des publications dans cette langue. Mais nous sommes loin des 92 % que clame Eugene Garfield ! La recherche francophone représente 10 % des publications, ce qui marque, entre autres, la position de force de la France dans les domaines scientifiques que nous considérons. Et nous avons vu aussi que les auteurs français publient peu — trop peu, sans doute — hors de France. Il semble bien que *la France représente sur ce point ce qu'est une stratégie autocentrée* (tout en travaillant pour le Sud). Si telle est l'interprétation à retenir, il faut encore en retirer une conclusion : n'est pas autocentré qui le veut. Encore faut-il disposer d'une masse suffisante de recherches. C'est ce que confirment nos observations sur le Brésil, mais aussi, a contrario, le cas de « petits » pays comme Israël ou le Nigeria.

La discipline scientifique est aussi un facteur qui joue sur l'internationalisation des publications. Nous savons par exemple que certaines disciplines sont avant tout tournées vers des audiences internationales : physique théorique, mathématiques. Ainsi les mathématiciens péruviens, comme leurs collègues mexicains, publient plus souvent dans les revues internationales que dans leurs revues nationales (GRADE, 1984 ; Fuenzalida, 1971). Il est évident que cela est dû à la matière, si le lecteur autorise cette expression, que manipulent ces disciplines. Un exemple connu de cette internationalisation par le biais de priorités de recherche accordées aux disciplines « fondamentales » est celui de la phy-

sique en Inde : « Il s'agit d'une physique des phénomènes plutôt que d'une physique de la mesure » (K. Raj, 1985). D. Crane (1972) aboutissait à la même conclusion : plus la discipline est formelle, fondamentale, mathématisée, et plus se développent les liens internationaux. Ce qui tend à expliquer aussi la position intermédiaire des sciences biologiques, bio-médicales et chimiques en ce qui concerne la production « mainstream » (voir Carpenter, Frame, Narin...); ou encore le succès de l'écologie, lancée par les Américains dans les années soixante dans le cadre de grands programmes de recherche internationaux et dont Odum a été l'un des chefs de file : l'écologie devait se baser sur une formalisation et une modélisation très poussées (C. Kwa, 1984); ou encore de l'océanographie physique (ACT, 1984 ; Mazur et Boyko, 1981).

Mais il existe aussi des disciplines plus directement « appliquées » qui sont aussi tournées vers le concert international. Ainsi en va-t-il de la dynamique des populations marines, thème qui a été créé en France à partir d'un problème pratique concernant de nombreuses nations, la pêche au thon, et qui s'est développé justement dans un institut de recherche à vocation internationale, l'ORSTOM (voir Centre de sociologie de l'innovation, 1985).

Les disciplines qui nous préoccupent ici sont avant tout des disciplines à vocation locale, particulièrement dans le cas de l'agronomie : même si certains travaux sont très internationaux, parce qu'ils sont menés dans des institutions internationales (les centres internationaux de recherche agronomique comme le CIMMYT ou l'IRRI, pour citer les deux plus connus). Il était donc normal que nous trouvions des proportions moins élevées de publications internationales qu'en mathématiques, par exemple. Mais ce n'est pas là l'unique ni même la principale cause.

Le dilemme *national/international nous semble bien trop exagéré*, faisant fi des dynamiques scientifiques réelles, car l'ouverture sur l'étranger peut signifier deux choses bien différentes. D'abord, ouvrir sa communauté vers l'arène internationale peut être le résultat d'un choix délibéré : c'est le cas par exemple de l'Institut vénézuélien de recherches scientifiques, l'IVIC, qui a voulu adopter les règles internationales, seule façon d'assurer la qualité des recherches, selon les promoteurs de l'Institut (voir Y. Freitas, 1984). Mais cela peut aussi être le résultat de pressions très fortes qu'exercent les instances internationales, par voie de financement, par la force numérique des pays du Centre en matière de recherche (n'oublions pas que les pays en développement représentent environ 10 % des scientifiques et ingénieurs dans le monde, et 6 % de la dépense mondiale en recherche-développement), par l'effet de l'attraction qu'exercent les pays du Centre comme modèles à suivre. Et finalement, qui pourrait distinguer la part du volontaire et de l'involontaire dans l'option internationale ?

Demeure cependant un réel danger : *un danger de mimétisme qui pousserait les pays du Tiers-Monde à copier*, en caricaturant le plus souvent, *un modèle de développement institutionnel de la recherche fort éloigné des priorités du pays* (Lambert, 1983 ; Théry, 1984 ; Le Coadic, 1984). Si une science auto-centrée peut naître, c'est avant tout en cherchant à profiter au maximum de la science disponible pour l'étude des environnements naturels et physiques des pays concernés. D'où notre insistance à examiner le problème au plus près.

Publier en fonction des usagers potentiels

Nos résultats sur les publications des pays en développement vont à l'encontre de ceux que l'on a l'habitude de trouver dans la littérature bibliométrique. Mais nous ne sommes pas les seuls en désaccord avec les idées dominantes. D'autres études effectuées sur des corpus documentaires distincts de la base ISI concordent avec nos résultats.

Lea Velho (1985) a ainsi étudié les publications de quatre grands centres de recherche universitaires brésiliens dans les sciences du sol et l'agronomie. Il ressort de son étude que 92 % des travaux dans les sciences du sol et 96 % dans les sciences agronomiques sont publiés localement. Une autre étude portant sur l'année 1986 et trois grandes universités d'Amérique latine (les universités de Rio de Janeiro, de Santiago du Chili, de San Marcos de Lima au Pérou) donne aussi des ordres de grandeur similaires (Fuenzalida, 1971). Enfin, une étude concernant le Venezuela abonde dans le même sens ; elle montre que 83 % des articles d'agronomie publiés entre 1889 et 1978 l'ont été dans des revues nationales (Y. Texera, 1982). Et cela semble être le cas même si 15 % seulement des chercheurs vénézuéliens aspirent à publier localement (Roche et Freitas, 1982). Enfin, Rodriguez Sala de Gomez Gil (1980) a estimé que la production universitaire au Mexique publiée localement, dans les sciences physiques et les sciences de la terre, représentait plus de 75 % de la totalité des publications (mais seulement 41 % en mathématiques).

Certains auteurs considèrent que ces très fortes proportions nationales signalent que *ces communautés sont dans une phase de transition, entre la construction initiale d'une communauté nationale et son intégration dans le concert international* (Roche et Freitas, 1982). Cette interprétation nous semble erronée. Rien ne prouve l'intégration inéluctable de la communauté scientifique dans le « mainstream » — ou simplement dans le concert international — au fur et à mesure de sa croissance. Bien au contraire, l'une des études citées (Texera, 1982) indique que le nombre de publications sur l'agriculture au Venezuela publiées localement a augmenté dans le temps, passant de 10 articles entre 1900 et 1909 à 602 articles entre 1970 et 1978.

Part des publications nationales dans les publications totales au Venezuela

	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1978
Etude du milieu					
naturel	12 %	53 %	62 %	73 %	96 %
Agronomie	0	60 %	77 %	79 %	94 %

Les proportions nationales dans les sciences « fondamentales » ont dépassé celles des sciences agronomiques dans la décennie 1970-1978. Cela n'est peut-être qu'un cas, mais il n'est pas si « anormal » si on le compare par exemple avec le Brésil. De toute façon, les proportions de publications ont toujours été supérieures à 50 % des publications totales (à part la décennie des années trente), et plus souvent proches de nos chiffres et de ceux cités par Velho. *L'institutionnalisation de la recherche ne signifie pas nécessairement son internationalisation.*

Cette interprétation véhicule une conception de « l'éthos scientifique » particulière, où « la bonne recherche est celle qui est certifiée internationalement ». Mais il y a bien d'autres moyens de juger de la valeur d'un travail que de le publier dans une revue internationale. Si la publication est nécessaire, ne serait-ce qu'à des fins de visibilité de la recherche, il n'y a là aucune garantie absolue de qualité. De plus, *faire de la bonne recherche, c'est aussi savoir l'adresser à ceux à qui elle est le plus nécessaire*. Cela est vrai de toutes les sciences, mais plus encore des sciences appliquées comme le sont l'agronomie ou certains travaux dans les sciences du sol. Il y a là d'autres destinataires pour une recherche que les chercheurs eux-mêmes. Il est vrai que ces derniers sont plus faciles à contacter qu'un paysan susceptible d'employer une technique de culture ou qu'un industriel peu porté à l'activité novatrice.

En examinant une communauté particulière de chercheurs (chapitre V), nous avons pu effectuer un classement en fonction du type de publications des chercheurs (et en fonction d'autres critères, comme le fait d'avoir un doctorat en sciences, etc.). La typologie effectuée a montré des comportements — ou stratégies — individuels différenciés : ouverture et visibilité internationale, publication d'ouvrages plutôt que d'articles, publications sans préoccupation d'améliorer la visibilité externe, ou encore faible préoccupation envers la publication en général (ce qui apparaît comme une hérésie du point de vue du « mainstream »), ainsi que des stratégies mixtes à la fois internationales et internes. Ainsi, il semble bien que dans le détail *aucune communauté scientifique ne peut être réduite à une seule stratégie*, simplification que nous-mêmes avons utilisée pour caractériser globalement des ensembles nationaux. Nous avons souligné à plusieurs reprises l'importance du temps : aussi bien en ce qui concerne l'âge des auteurs qu'en ce qui concerne l'histoire de la communauté en question. Celle que nous avons étudiée est relativement plus ancienne que la majorité des communautés du Tiers-Monde, d'autant plus qu'elle a évolué dans le contexte de la recherche française (thèses et publications ont lieu en France et non dans les pays en développement). A cet égard, l'indice du nombre d'auteurs par document est plus proche des indices des pays d'Europe que des pays « neufs » (USA, Périphérie, Sud).

Ce qu'il faut donc souligner, c'est que les comportements de publication se font en fonction de nombreux critères qu'une seule analyse bibliométrique ne peut pas à elle seule indiquer. Par ailleurs, l'exemple des chercheurs que nous avons étudiés nous montre qu'*une recherche institutionnalisée peut entraîner des choix éditoriaux différents de la seule publication dans des revues internationales*. Nous avons introduit la notion de « cible » précisément pour mettre en évidence cet aspect.

Enfin, il nous semble vital de *nous éloigner de cette conception consensuelle de la science* comme savoir certifié par la communauté des pairs. L'épreuve de validité constituée par l'assemblée des pairs ne peut fonctionner que dans des conditions particulières. Une recherche sur les cultures associées yuca-haricot-maïs ne recevra pas la même attention que telle autre sur les relations sol-plante ; plus grave encore, une recherche effectuée dans un pays du Tiers-Monde par une équipe locale part souvent avec un handicap, celui de ne pas faire partie des « élus ». Le cas s'est réellement présenté quand deux chercheurs philippins ont publié des résultats sur la vulnérabilité des hybrides de maïs à un champignon, *Helmintosporium maydis*. Quatre ans plus tard, un chercheur américain

effectuant un état de la question a rejeté l'alerte en prétendant que les hybrides philippins n'étaient pas suffisamment résistants et que les pratiques agronomiques étaient mauvaises. C'était en 1965. En 1970, les Etats-Unis ont connu la plus grande destruction de leur production de maïs, attaqué par *Helminthosporium*. Ne pas porter crédit aux travaux effectués dans les PED peut être aussi dangereux pour les pays en développement et pour les pays du Centre.

Cependant, la principale raison qui nous pousse à rejeter cette conception consensuelle vient du fait que le consensus se construit socialement : il n'est pas donné d'avance. C'est là l'un des résultats les plus importants de la sociologie de la science d'avoir pu montrer comment se construit le consensus en même temps que se construisent les savoirs scientifiques. Une analyse de la science qui prendrait comme point de départ le consensus est vouée à mettre de côté cette activité. Ce qui est vrai de la sociologie l'est aussi de la politique scientifique. Une politique qui ne retiendrait que l'aspect consensuel (exprimé par l'insertion au « mainstream ») risque fort d'être une politique borgne.

Il n'est pas possible de donner des recommandations sur cette question. La bonne volonté elle aussi est insuffisante. Ce qui est nécessaire, c'est de faire évoluer notre conception de la recherche et de son objectif. Tant que l'on continuera à accréditer cette idée que la science, c'est seulement le laboratoire et la communauté des pairs, on ne pourra que difficilement construire la nécessaire relation entre la recherche et les usagers, base de la « science pour le développement ».

La difficile communication

Nous avons examiné deux indicateurs de la communication entre chercheurs : un indice d'*associativité* correspondant au nombre de cosignatures d'articles, et un indice de *fluidité* correspondant au nombre de participations dans des colloques et réunions internationales.

En ce qui concerne les pays en développement, nous avons obtenu deux résultats contradictoires. Nous avons noté que *les chercheurs du Sud participent moins que leurs homologues des pays du Centre à des conférences, congrès, réunions internationales*. Mais en contrepartie de cette faible fluidité, nous avons observé que *les pays du Sud ont de très forts indices d'associativité*. L'Inde et l'Egypte montraient 2,5 auteurs par article et le Brésil presque 2,8 auteurs par article. Ces chiffres sont parmi les plus élevés du monde et contredisent l'opinion généralement acceptée selon laquelle les pays « avancés » sont ceux qui présentent les plus forts « taux de cosignatures » (affirmation souvent avancée mais qui, à notre connaissance, n'a jamais été démontrée). Nous avons signalé à ce sujet que les taux d'associativité suivaient avec fidélité les chemins de l'histoire : les pays de la vieille Europe ont les taux les plus faibles, suivis par les pays de la Périphérie et les USA, puis par les pays du Sud. Autre raison invoquée : les auteurs des pays du Centre ont tendance à écrire plus facilement que leurs pairs des pays en développement des articles généraux ou même d'opinions — probablement parce qu'ils sont plus sollicités à le faire. Mais aucune de ces interprétations ne suffit. Les différenciations ne s'établissent pas toutes dans le même sens : nous avons vu que les chercheurs français publient beaucoup de travaux à caractère localisé et que ceux de l'Inde s'orientent préférentiellement vers des études à caractère général.

Le paradoxe des résultats rappelés ci-dessus, joint au fait que les pays du Sud publient dans de très fortes proportions nationalement, réclame une explication. Celle-ci, avons-nous dit, ne doit pas être recherchée uniquement à travers des études bibliométriques. De plus, comme nous ne pensons pas que les communautés du Sud sont « en voie d'institutionnalisation/internationalisation », il nous faut approcher ce paradoxe selon d'autres termes.

Publier n'est jamais anodin, et un chercheur peut avancer de nombreuses raisons qui le poussent à publier ou à ne pas le faire. Afin de simplifier l'exposé, nous pouvons regrouper ces diverses raisons en deux grands ensembles en fonction de l'objectif de la publication. La publication peut servir à communiquer le résultat de ses travaux et/ou à obtenir reconnaissance scientifique et institutionnelle. Le premier objectif est fonction du contenu de la recherche et de la communauté (pas nécessairement scientifique) à laquelle on veut s'adresser. Le second est plutôt fonction de l'environnement institutionnel, économique, voire politique, dans lequel se trouve le chercheur. C'est probablement plus ce second ensemble de critères qui est particulièrement différent dans les pays du Sud comparés aux pays du Centre.

Nul n'ignore en effet que les pays du Tiers-Monde affrontent de grandes difficultés quant à l'organisation de la recherche et à son fonctionnement. *Le contexte social n'est en général pas favorable à la recherche*, soit parce que la profession de chercheur n'est pas reconnue (et cela a été longtemps le cas dans les pays du Centre), soit parce que tout simplement se posent des problèmes de priorités nationales qui font que la recherche n'est que la « cinquième roue du carrosse ». La recherche dans les PED est publique dans des proportions nettement supérieures aux pays développés ; en dehors de l'Etat, il existe très peu de sources de financement pour la recherche. La recherche privée, qu'elle soit le fait de fondations à caractère non lucratif ou d'entreprises privées, est quasiment inexistante dans bon nombre de pays. Ce qui a pour conséquence une extrême dépendance de la recherche par rapport au système politique et institutionnel et par rapport à l'Etat, lieu où se cristallisent les contradictions et les conflits entre les forces sociales composant les nations. Piñeiro et Trigo (1982) ont étudié ce phénomène dans le cas des centres de recherche agronomique. Les cas de recherche « réussie » et effective dans le transfert de connaissances et de technologies du laboratoire au producteur sont ceux où existe un groupe social bien identifié (et qui sait lui-même se définir clairement) qui a accès à l'appareil d'Etat.

Par ailleurs, les pays du Sud connaissent des difficultés plus prosaïques : manque de moyens, manque de facilités pour obtenir l'information scientifique, manque d'espace et parfois manque de personnel qualifié, de personnel technique (Schoijet, 1979 ; Busch, Lacy et Marcotte, 1983). Plus grave encore est la structure de l'organisation de recherche qui dans bon nombre de pays est hiérarchique à l'extrême, valorisant plus les titres formels que le contenu réel des recherches, donnant aux « patrons » de recherche un pouvoir parfois excessif et en tout cas très personnalisé (Lomnitz, 1979). Faut-il également rappeler que la construction des institutions de recherche, dans les pays du Centre comme dans ceux de la Périphérie, a véhiculé longtemps une conception élitiste et hiérarchique « from the top down, not the bottom up ». Comme le précisent Busch et Sachs (1981), cette conception « supposait que les élites, même si elles n'étaient pas démocratiquement élues, du moins étaient-elles sincèrement intéressées au

développement national » et que « les sciences naturelles et sociales procureraient toutes les réponses relativement vite et simplement si elles se développaient dans de bonnes conditions institutionnelles » (p. 144). Ces deux suppositions ont été remises en cause dans les faits.

Tous ces éléments permettent de mieux cerner le paradoxe. Lea Velho ajoute un élément décisif. Les données qu'elle a obtenues montrent que *les chercheurs publient massivement dans des revues non seulement nationales, mais surtout « maison »*. La plupart des scientifiques brésiliens publient dans les revues des universités dans lesquelles ils travaillent. Ces revues, à quelques exceptions près, sont de faible diffusion. Souvent elles ne vivent qu'un temps. Telle est la stricte définition de l'« in-breeding ». C'est malheureusement souvent le cas dans de nombreux pays du monde. Ainsi, au Venezuela, Tulio Arends (1973) a étudié la vie de quatre-vingt-quatorze revues biomédicales : la moitié disparaissaient deux ans après leur création. Six ans plus tard, il ne restait plus que 20 % de ces revues (cité par Roche et Freitas, 1982). Seules résistent à cette usure les revues d'organismes de recherche, d'universités. Il semble bien que ce ne soit pas là un problème de moyens financiers, mais plutôt que les problèmes financiers ont des causes plus profondes. Nous en relèverons deux.

Les chercheurs interrogés par Lea Velho fournissaient comme explication leur sentiment d'appartenir à une institution et donc de devoir publier dans la revue maison. Ce à quoi s'ajoute le fait que ces mêmes chercheurs pensent qu'il faut principalement travailler localement, que publier à l'étranger coûte beaucoup d'efforts pour un bénéfice douteux. La situation n'est probablement pas identique dans tous les pays. De toute façon l'étude de Velho est pour le moment la seule à fournir des décomptes des publications nationales en distinguant celles de la même institution que le chercheur et les autres revues nationales. Il apparaît donc là un véritable problème de communication. Ce problème est d'autant plus grave, affirme Velho, que si l'on regarde de près les sujets de recherche des agronomes et pédologues brésiliens, ceux-ci ne diffèrent pas fondamentalement de ceux des chercheurs européens et américains. La nature du travail, en l'occurrence, n'explique pas cette excessive publication interne.

Cette situation est paradoxale, car nombre de chercheurs aspirent à publier dans les revues internationales, alors même qu'ils publient dans des revues nationales. Que ce soit volontaire, comme le suggère l'enquête de Roche et Freitas, ou bien forcé par le système d'évaluation qu'imposent les sources de financement publiques, d'après l'enquête de Velho. Le problème est donc que les chercheurs du Sud sont pris dans un feu croisé, un dilemme qui explique cette contradiction entre leurs désirs et leurs actes. Ajoutons que ce type de dilemme ne porte pas uniquement sur les publications, mais aussi sur la définition des thèmes de recherche, sur l'intégration ou non des recherches dans le cadre des programmes de développement nationaux (H. Vessuri, 1982).

A ces divers éléments nous pouvons en ajouter un dernier, lui aussi important. Les chercheurs du Sud, au moins dans les pays où nous disposons de données, estiment que leurs efforts doivent en première priorité aider au développement de leur pays. Les enquêtes que nous avons déjà citées concordent toutes sur ce point (Roche et Freitas ; GRADE ; Busch, Lacy et Marcotte ; Velho ; et d'autres encore, trop nombreuses pour être toutes mentionnées). Si problème il y a, ce n'est pas un problème de manque de bonne volonté. Et d'ailleurs, n'a-t-on pas vu que c'était bien le cas, que les chercheurs du Tiers-Monde étaient

ceux responsables des travaux les plus directement liés au développement agricole et national ?

Mieux saisir l'ampleur et le rôle de la science dans le Tiers-Monde

Ces considérations nous rappellent que la science ne se développe pas sur un terrain vierge mais dans une société donnée, à un moment donné. Les chercheurs se placent dans ce contexte où la recherche, particulièrement sur l'agriculture, est un des moyens qu'utilisent les pouvoirs publics pour intervenir. Cette intervention n'est pas « neutre », ne se fait pas en fonction de considérations exclusivement humanitaires, mais aussi en fonction d'intérêts économiques et politiques (voir notamment C. Dale, 1981).

Nous avons arrêté notre analyse sur l'identification d'un certain nombre de thèmes et de sous-thèmes, qui vont de l'étude de la fixation symbiotique de l'azote à la cartographie des sols, à la lutte contre l'érosion hydrique, etc. Que conclure de cet inventaire ? Il est évident que le discours purement scientifique et plus encore l'analyse bibliométrique doivent être *relayés en fonction d'autres responsabilités*. L'utilisation la plus immédiate de l'analyse thématique que nous avons réalisée consistera, pour chaque équipe de recherche, ou pour chaque pays, à se situer dans un ensemble mondial. On conçoit très bien quelles peuvent être *les stratégies à court terme* d'un pays en développement : choisir une politique de participation ou de présence dans un domaine scientifique donné, se contenter d'observer ce qui se passe ailleurs afin de réaliser un transfert de technologie au moment opportun, ou au contraire engager de grands moyens sur un thème particulier. A chacun la responsabilité de ses propres choix.

Au-delà des stratégies et des responsabilités immédiates, l'analyse des thèmes scientifiques appelle aujourd'hui *une réflexion fondamentale*. La question agricole, et avec elle tous les problèmes de la recherche agronomique, fait l'objet d'un renouveau : on voit apparaître de nombreuses études multidisciplinaires. Mentionnons, par exemple, l'action de la Fondation W. K. Kellogg aux Etats-Unis qui a entrepris de développer les liaisons entre sciences agronomiques et sciences humaines. Plus de quatre cent cinquante chercheurs de toutes disciplines se sont retrouvés lors du congrès « Food Agriculture and the Liberal Arts » (Gainesville, Floride, 1984). La Fondation soutient une revue de la plus large multidisciplinarité dont le titre, *Agriculture and Human Values*, définit un thème à retenir pour le Tiers-Monde.

Plus encore que leurs homologues des pays du Centre, les chercheurs des pays du Sud ont à définir leur travail en fonction de leurs objectifs propres, en fonction d'intérêts socio-économiques, en fonction de valeurs morales. Cela implique non seulement une réflexion générale comme celle dont nous venons de parler, mais aussi des *négociations* précises entre les clients potentiels de la recherche, ses financeurs et les chercheurs. Mais pour qu'une telle négociation ait lieu, encore faut-il que la recherche soit un partenaire acceptable, sinon accepté, de la négociation. Or, les paradoxes que nous avons relevés dans notre étude ne sont que l'indication de la difficile acceptation du rôle de la recherche par les sociétés des pays en développement.

Quelles en sont les causes profondes ? Quelles sont les solutions que l'on peut offrir ? Notre étude ne peut à elle seule y répondre. Nous nous sommes bornés à fournir des suggestions, partiellement confirmées, en les étayant par des

faits. Nous tenons seulement à insister sur *la nécessaire rectification d'une certaine conception de la recherche dans les pays en développement.*

La recherche ne doit pas être soutenue uniquement parce qu'il est nécessaire pour tout pays qui se respecte d'avoir des chercheurs, comme il est nécessaire d'avoir une compagnie aérienne nationale. La recherche ne doit pas être conçue par les responsables politiques comme un ornement, une dorure qui fait riche. Rectifier cette conception jamais explicitée de la recherche est l'une des tâches que peuvent se donner les sociologues travaillant dans et sur la science des pays du Sud. En caricaturant, cette conception donne de la science une image élitiste, où le chercheur se doit d'être un bon chercheur, sans vouloir nécessairement faire correspondre son travail avec les nécessités du pays. Il devra donc être évalué en fonction de son insertion dans le courant mondial. Il ne devra que peu se préoccuper de la source des financements de la recherche, qui doivent être discutés au plus haut (Conseil des ministres) et distribués entre l'ensemble des chercheurs. Il ne devra que peu se préoccuper de diffuser les résultats de ses travaux, tâche dévolue à des structures ad hoc (services de diffusion ou d'extension).

Cette conception s'alimente aussi d'une certaine image de la recherche dans les pays du Centre comme dans ceux du Sud. La recherche, selon cette image, c'est la biotechnologie, les nouveaux matériaux, l'électronique. La recherche, c'est la pointe de la recherche. A quoi s'ajoute une vision faible et déformée de la science des pays en développement. Or, ceux-ci ne se trouvent pas « au bord du gouffre » en matière de recherche, nous pensons l'avoir montré avec suffisamment d'insistance. Faire de la « recherche de pointe » est une option parmi d'autres. L'encourager ou non doit être, comme pour toute recherche, le fruit d'une négociation.

Il est évident, d'après ce que suggèrent les travaux auxquels nous avons fait référence, qu'il ne s'agit pas là d'une tâche aisée. Une chose pourtant est certaine : *on n'arrivera pas à rendre plus fluides les communautés des pays du Sud en leur imposant des critères « internationaux ».* On ne pourra pas donner à la recherche sa place réelle en maintenant cette conception largement faussée dont nous avons voulu faire le procès. L'expérience des DGRST en Afrique, des CONICIT en Amérique latine montre que, malgré un discours qui encourageait les recherches « pour le développement », les critères et les normes mis en œuvre ont porté préjudice à ces recherches. En grande partie parce que les instances d'évaluation des recherches étaient soit extérieures aux pays, donc au contexte dans lequel se déroulaient les recherches, soit parce qu'elles portaient leur attention plus sur les normes scientifiques que sur les résultats.

Ce qui nous semble être actuellement la tâche des travaux sur la science dans les pays du Tiers-Monde, c'est étudier la relation entre les contextes sociaux et politiques et les thématiques de recherche, ce qui n'a pas encore été suffisamment fait. Il est nécessaire de pouvoir articuler ce niveau « micro » (la recherche elle-même, l'innovation locale) et le niveau « macro » (les conditions sociales et politiques, la détermination des priorités nationales, etc.). Il nous paraît essentiel, pour accomplir cette tâche, de porter l'attention sur les processus de négociation : négociations entre chercheurs, entre les clients, les financeurs et les chercheurs, entre les instances nationales et internationales. Car, en effet, les négociations sont le processus où *l'articulation de la recherche avec la société* est la plus visible.

La science disponible pour les régions chaudes est riche : il faut savoir en profiter. L'autonomie des communautés scientifiques passe par la pleine et entière exploitation de cette richesse, pour construire réellement cette « science tropicaliste », ou « science au service du développement », qui doit répondre aux nécessités nationales dans le Tiers-Monde. La science dont nous parlons se construit en ce moment même. Sa forme future et ses orientations doivent être le fruit de choix conscients. Dans le processus en cours, les chercheurs des pays du Sud comme ceux des pays du Centre ont leur rôle à jouer, que ce soit par la coopération ou par l'échange des expériences, des savoirs. Notre souhait est d'avoir contribué à l'expansion de ce processus, en montrant que la recherche pour le Tiers-Monde existe bien, qu'elle est loin d'avoir donné tout ce qu'elle possède ; que les travaux de terrain ou de laboratoire sont gros d'évolutions futures et qu'ils ne sont pas menés vainement.

Paris, Lexington, Caracas, 1986-1987

ANNEXE

CONSTITUTION DE LA BASE DOCUMENTAIRE UTILISEE POUR L'ANALYSE GEOPOLITIQUE ET POUR LA CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE

Les bases documentaires informatisées sont nombreuses, chacune ayant ses caractéristiques propres, ses avantages et ses inconvénients. Pour effectuer un choix, il est utile de se référer à l'excellente étude comparative réalisée par L. Willam et M. Populer sur *La documentation automatisée au service de l'agronomie*. Nous reprendrons rapidement quelques informations données par ces auteurs.

La plus ancienne base, qui est aussi la plus connue, est celle des « Commonwealth Agricultural Bureau », que l'on appelle plus simplement CAB. Elle a été fondée bien avant toute informatisation, en 1929. Actuellement, le fichier CAB est alimenté par le dépouillement de huit mille cinq cents périodiques. Il est exploité dans l'édition de plusieurs bulletins sectoriels, dont *Soils and Fertilizers*, qui inclut la totalité du domaine que nous allons étudier plus loin, et jouit d'une très grande réputation internationale auprès des pédologues et agronomes.

Le fichier AGRIS (« International Information System for the Agricultural Sciences and Technology ») est l'œuvre de la FAO. Selon Willam et Populer, sa grande particularité est d'être très riche en documents non conventionnels (thèses, rapports, communications non publiées). Il est également très orienté vers les pays en développement. Pour une étude comme la nôtre qui prétend justement sortir du « mainstream », le fichier AGRIS paraît donc être d'un très grand intérêt. Toutefois nous ne l'avons pas employé, et nous avons vu au chapitre V la solution retenue pour accéder, d'une autre manière, à des publications qui n'appartiennent pas au « mainstream ».

Il existe enfin un troisième grand fichier pour les sciences agronomiques, qui est le fichier AGRICOLA (« Agricultural On Line Access »). Il ne semble pas présenter un avantage particulier pour les objectifs que nous avons fixés.

A côté de celles qui sont spécialisées dans le domaine de l'agronomie, dont il vient d'être question, existent des bases pluridisciplinaires qui couvrent tous les domaines de la recherche scientifique. Nous avons choisi de travailler avec une base documentaire pluridisciplinaire, celle créée en France par le CNRS, que l'on appelle la base PASCAL. Les raisons du choix de la base ont été expliquées dans le texte principal : taille du fichier, bonne représentation des thèses françaises, PhD américains, des livres et comptes rendus de congrès ; bonne représentation du français ; accès facile ; existence d'un service de recherche en bibliométrie, le SERPIA.

Deux Bulletins signalétiques de la base PASCAL de l'année 1983, les

numéros 226 et 381, ont été exploités. Cela correspond au thème central de notre étude : *sols et agriculture*. Mais, au départ, il avait semblé nécessaire d'utiliser également des publications concernant la minéralogie des sols, qui figurent dans un troisième Bulletin signalétique, le n° 220. Les références provenant des rubriques « phyllosilicates », « oxydes », « hydroxydes », « sols et sédiments » ont été sélectionnées. Une première série d'analyses (décrites dans les chapitres III et IV) a montré que les références de ce Bulletin n° 220 étaient trop peu nombreuses et introduisaient des irrégularités artificielles. Elles ont donc été supprimées, et toutes les analyses ont été refaites. Il faut ajouter que la minéralogie des sols est déjà fortement présente dans les deux autres Bulletins. Nous expliquons cette absence de référence provenant du Bulletin n° 220 parce qu'elle pourrait étonner certains spécialistes. Les rubriques retenues sont les suivantes :

- Bulletin signalétique 226 :
 - Formations superficielles
 - Géomorphologie
 - Sols
- Bulletin signalétique 381 :
 - Généralités
 - Comptes rendus généraux, rapports d'activité, congrès, ouvrages, bibliographies
 - Méthodes et techniques diverses
 - Télé-détection
 - Sols, Agronomie générale :
 - Généralités
 - Techniques et méthodes d'analyse
 - Cartographie des sols
 - Classification des sols
 - Pédogenèse
 - Physico-chimie du sol
 - Eléments minéraux, oligo-éléments, propriétés ioniques et d'échange
 - Matière organique, évolution de la matière organique, complexe argilo-humique, cycle de l'azote et du carbone
 - Propriétés physiques
 - Structure et texture, densité, comportement mécanique, échanges gazeux et thermiques
 - Dynamique de l'eau et des solutés (état et transfert)
 - Microbiologie des sols, enzymes du sol, interactions microorganismes-végétaux
 - Fertilisation minérale et organique, nutrition
 - Généralités
 - Diagnostic foliaire
 - Fertilisation des différentes cultures
 - Fertilisation azotée
 - Fertilisation phosphatée
 - Fertilisation potassique
 - Oligo-éléments
 - Utilisation des déchets solides et liquides
 - Maladies de carence, toxicité
 - Pollution du sol
 - Amendements et engrais minéraux divers, correction de pH
 - Amendements et engrais organiques
 - Substrats artificiels, hydroponie, fertilisation par CO₂
 - Relations sol-plante
 - Conservation des sols, érosion
 - Potentialités, aménagement du territoire

On peut remarquer que, dans la liste précédente, beaucoup de distinctions auraient été tout à fait superflues pour une étude bibliométrique. Par exemple, comptabiliser séparément les publications sur la fertilisation azotée, la fertilisation potassique, la fertilisation phosphatée ne ferait que perturber l'analyse statistique. Nous avons donc introduit quelques simplifications. Ainsi il nous a semblé inutile de séparer les méthodes d'analyse de l'ensemble des généralités sur l'agronomie (B01-2). D'un autre côté, nous avons considéré l'ensemble de la fertilisation (B08), à l'exclusion de l'utilisation des déchets (B08-F). Les rubriques obtenues représentent, dans la plupart des cas, une quantité de références relativement comparable. Celles qui ne représentent que peu de références ont été isolées pour des raisons précises. Par exemple, pour montrer que l'utilisation des déchets (B08-F) ou l'emploi des substrats artificiels (B09) n'ont pas le même rôle pour les PED que pour les autres pays. Les rubriques de petites dimensions ont été regroupées dans certains cas. La base Pascal elle-même a évolué au cours des années, et les rubriques que nous venons de décrire ont été modifiées. Dans l'exposé de notre travail, nous avons donc adopté les plus récents découpages (Agroline-Pascal S, Bulletin 280). Ce sont eux que le lecteur a pu trouver dans les chapitres qui précèdent.

La base Pascal a été consultée sur l'année 1983. La plupart des références ont été sélectionnées dans les Bulletins signalétiques mentionnés plus haut (Bull. 226 et 381). Mais toutes les références de la base ne sont pas nécessairement incluses dans les Bulletins. Le problème s'est posé pour le Bulletin 226 ; il a fallu exploiter un listing de références normalement destinées à la rubrique « sols » (C03) de ce Bulletin, mais qui n'y ont pas été effectivement édités. Le Bulletin 381 de l'année 1983 ne nous a pas paru non plus être suffisamment complet. Il a été rééquilibré par l'adjonction des références du numéro spécial 1983/1984. *Au total donc, c'est toute l'année 1983 de la base Pascal qui a été exploitée*, avec — en raison du numéro spécial — un léger débordement sur l'année 1984. Il faut savoir aussi que les bases documentaires travaillent avec un inévitable décalage dans le temps. Les références retenues au cours de l'année 1983 par la base Pascal correspondent dans les cas les plus fréquents à des publications datées des années 1981 et 1982. Mais ces années de publication n'ont pas été prises en compte par l'analyse statistique.

BIBLIOGRAPHIE

- ACT (1984), *L'échange scientifique international : éléments de réflexions à partir du cas de la recherche universitaire en océanologie*, Centre de prospective et d'évaluation, Ministère de la Recherche, Paris.
- Agriculture and Human Values* (243 Arts and Sciences Bd, University of Florida, Gainesville, FL 32611).
- Amin S. (1973), *Le développement inégal*, Editions de Minuit, Paris.
- Andrews F. M. (1979), *Scientific productivity*, UNESCO et Cambridge University Press, Paris et Cambridge.
- Arends T. (1973), *Problemas paracientíficos*, Tiempo Nuevo, Caracas.
- Arunachalam S., Markanday S. (1981), Science in the middle-level countries : a bibliometric analysis of scientific journals of Australia, Canada and Israel, *Journal of Information Science*, 3, pp. 13-26.
- Arvanitis R. (1984), L'évaluation et la sociologie de la recherche, in *Pratiques et Politiques scientifiques, Actes du Forum des 6 et 7 février*, Editions de l'ORSTOM, pp. 85-90.
- Barnes B. (1983), On the Conventional Character of Knowledge and Cognition, in *Science Observed, Perspectives on the Social Studies of Science*, Knorr-Cetina K. D., Mulkay M. (ed), Sage, London.
- Basalla G. (1967), The Spread of Western Science, *Science*, 156, pp. 611-622.
- Bauin S. et alii (1985), *Rapport de recherche sur l'aquaculture et la dynamique des populations*, Centre de sociologie de l'innovation, Ecole des Mines, Paris.
- Bishop C. T. (1977), Canadian Journals Are Better Than Some Think, *Science Forum*, 10 (3), pp. 20-22.
- Blickenstaff J., Moravcsik M. J. (1982), Scientific Output in the Third World, *Scientometrics*, 4 (2), pp. 135-169.
- Blondeau R. (1980), *Fixation biologique de l'azote atmosphérique*, Vuibert, Paris.
- Boulard B. (1968), *Les mycorhizes*, Masson, Paris.
- Brannigan A. (1979), L'obscurcissement de Mendel, in *Les scientifiques et leurs alliés*, Callon M. et Latour B. (eds), Pandore, Paris.
- Brockway L. H. (1979), *Science and Colonial Expansion*, Academic Press, New York.
- Busch L., Lacy W. B., Marcotte P. (1983), *The Sudan Agricultural Research Corporation : organization, practices and policy recommendations*, Intersomil and University of Kentucky, Lexington, Kentucky.
- Busch L., Sachs C. (1981), The agricultural sciences and the modern world system, in *Science and Agricultural Development*, Allanheld Osmun, Totowa, New Jersey.

- Callon M. (1981), Struggles and negotiations to define what is problematic and what is not, in *The social process of scientific investigation*, Knorr, Krohn and Whitley (eds), Reidel, London.
- Callon M., Courtial J. P., Turner W. A., Bauin S. (1983), From translations to problematic networks: an introduction to co-word analysis, *Social Science Information*, 22 (2), pp. 191-235.
- Callon M., Latour B. (1981), Unscrewing the Big Leviathan, in *Advances in Social Theory and Methodology: Toward an Integration of Micro and Macro Sociologies*, Routledge and Kegan Paul, London.
- Callon M., Law J. (1982), On interests and their transformation, *Social Studies of Science*, 12 (4), pp. 615-625.
- Carpenter M. P., Narin F. (1981), The adequacy of the Science Citation Index (SCI) as an indicator of international scientific activity, *Journal of the American Society for Information Science*, Nov. 1981, pp. 430-439.
- Carvajal R., Lomnitz L. (s.d.), El desarrollo científico en México: ¿es posible multiplicarlo con los mismos recursos? (mimeo), Université nationale autonome de Mexico.
- Centre de sociologie de l'innovation (1985), Les cartes stratégiques de la recherche: aquaculture. Ecole des Mines de Paris.
- Chatelin Y. (1979), *Une Epistémologie des Sciences du Sol*, Mémoires ORSTOM n° 88, Paris.
- Chatelin Y. (1986), La science et le développement: l'Histoire peut-elle recommencer? *Revue Tiers-Monde*, 27, 105, pp. 5-24.
- Chatelin Y., Arvanitis R., éd. (1984), *Pratiques et Politiques scientifiques, Actes du Forum des 6 et 7 février 1984*, Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Chatelin Y. et Riou G., éd. (1986), *Milieus et Paysages. Essai sur diverses modalités de connaissance*, Masson, Coll. Recherches en Géographie, Paris.
- Chauvin R. (1981), *Des savants pour quoi faire?* Payot, Paris.
- Courtial J. P. (1984), *Etude de la stabilité du vocabulaire d'indexation pour les Leximappes*, Centre de sociologie de l'innovation, Ecole des Mines, Paris.
- Crane D. (1972), *Invisible Colleges*, University of Chicago Press, Chicago.
- Dale C. (1981), Agricultural research as State intervention, in *Science and Agricultural Development*, Busch L. (ed), Allanheld Osmun, Totowa, New Jersey.
- Davis C. H. (1983), Institutional sectors of « mainstream » science production in subsaharian Africa, 1970-1979: a quantitative analysis, *Scientometrics*, 5 (3), pp. 163-175.
- Dommergues Y., Dreyfus B., Hoang Gia Diem, Duhoux E. (1985), Fixation de l'azote et agriculture tropicale, *La Recherche*, n° 162, pp. 22-31.
- Frame J. D. (1979), National economic resources and the production of research in lesser developed countries, *Social Studies of Science*, 9, pp. 233-246.
- Frame J. D., Narin F., Carpenter M. P. (1977), The distribution of world science, *Social Studies of Science*, 7, pp. 501-516.
- Freites Y. (1984), La institucionalización del « ethos » de la ciencia, in *Ciencia académica en la Venezuela moderna*, Vessuri H. (ed), Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas.
- Fuenzalida E. (1971), *Investigación científica y estratificación internacional*, Editorial Andrés Bello, Santiago, Chili.
- Gablot G. (1982), *Le français dans les publications scientifiques et techniques*

- françaises et étrangères*, Association nationale des scientifiques pour l'usage de la langue française (ANSULF), Paris.
- Gaillard J. (1985), L'aide à la recherche aux jeunes chercheurs des pays en développement et le rôle de la Fondation internationale pour la Science, *Mondes en Développement*, 13 (49), pp. 91-104.
- Gaillard J. (1986), Quelques réflexions sur l'aide étrangère et le financement de la recherche dans les pays en développement, *Bulletin de liaison « Pratiques et Politiques scientifiques II »* (ORSTOM), pp. 7-23.
- Garfield E. (1979), *Citation indexing, it's theory and application in science, technology and humanities*, Wiley, New York.
- Garfield E. (1973), Mapping science in the Third World, *Science and Public Policy*, 10 (3), pp. 112-127.
- Garfield E. (1983), How to use citation analysis for faculty evaluations, and when is it relevant? *Current Contents*, 26 (44), pp. 5-13.
- Garfield E. (1983), How to use Science Citation Index (SCI), *Current Contents*, 26 (9), pp. 5-14.
- Goonatilake S. (1984), *Aborted discovery: science and creativity in the Third World*, Zed Press, London.
- Goudineau Y. (1986), Note sur une enquête concernant les carrières des chercheurs français travaillant sur/dans le Tiers-Monde, *Bulletin de liaison « Pratiques et Politiques scientifiques II »* (ORSTOM), pp. 24-39.
- GRADE (1984), *Comportamiento de la comunidad científica peruana: un estudio de cuatro campos*, Lima, Pérou.
- IEDES (1973), Une enquête de l'IEDES sur la coopération internationale, *Revue Tiers-Monde*, 14 (55), pp. 671-687.
- Inkster I. (1985), Scientific enterprise and the colonial « model » : observations on the Australian experience in historical context, *Social Studies of Science*, 15, pp. 677-704.
- Jagodzinski-Sigogneau M., Courtial J. P., Latour B. (1982), How to measure the degree of independence of a research system? *Scientometrics*, 4 (2), pp. 119-133.
- Jagodzinski-Sigogneau M., Latour B. (1980), Une base de données bibliographiques pour les scientifiques peut-elle devenir une banque de données sur la recherche? *Documentaliste*, 17 (4-5), pp. 139-146.
- Krohn W., Schafer W. (1976), The origins and structure of agricultural chemistry, in *Perspectives on the emergence of scientific disciplines*, G. Lemaine (ed), Mouton, La Haye.
- Kwa C. (1984), Representations of nature mediating between ecology and science policy : The Case of the International Biological Programme, *Social Studies of Science*, 17 (3), pp. 413-442.
- Lambert D. C. (1983), *Le mimétisme technologique des Tiers-Mondes*, Economica, Paris.
- Latour B., Fabbri P. (1977), La rhétorique de la science, *Actes de la Recherche en Sciences sociales*, 13, pp. 81-95.
- Latour B., Woolgar S. (1979), *Laboratory Life*, Sage, Beverly Hills and London.
- Law J. (1982), Putting facts together : a study in scientific persuasion, *Social Studies of Science*, 22 (2), pp. 237-251.
- Le Coadic Y. (1984), Coopération scientifique et technique et néo-colonialisme, *Revue Tiers-Monde*, 25 (100), pp. 237-251.

- Legay J. M. (1981), *Qui a peur de la science?* Editions Sociales, Paris.
- Le Tacon F. (1985), Les mycorrhizes : une coopération entre plantes et champignons, *La Recherche*, n° 166, pp. 624-632.
- Lomnitz L. (1979), Hierarchy and peripherality : the organization of a Mexican research institution, *Minerva*, 17 (4), pp. 527-548.
- Mazur A., Boyko E. (1981), Large-scale ocean research projects : what makes them succeed or fail? *Social Studies of Sciences*, 11 (3), pp. 425-449.
- Moravcsik M. J. (1980), *How to grow science*, Universe Book, 206 p.
- Moravcsik M. J. (1982), *Science and Development : Toward the building of science in less developed countries*, Indiana University, Bloomington.
- Narin F. (1976), *Evaluative Bibliometrics*, Computer Horizons, Cherry Hill, New Jersey.
- Narin F. (1982), *Corporate Technological Performance Assessment based on Patent and Patent Citations*, Computer Horizons, Cherry Hill, New Jersey.
- Pelz D. C., Andrews F. M. (1966), *Scientists in organizations*, John Wiley, London.
- Price D. S., ed. (1970), *Science, technology and society : a cross disciplinary perspective*. Sage, London.
- Price D. S. (1978), Toward a model for scientific indicators, in Elakana et alii (ed), *Toward a Metric of Science*, Wiley, New York.
- Rabkin Y. M., Inhaber H. (1979), Science on the periphery : a citation study of three less developed countries, *Scientometrics*, 1 (3), pp. 261-274.
- Raj K. (1985), *Knowledge, Power and Modern Science, or the Brahmins strike back*, memo, Paris.
- Reuter H., Tripier P., Aubert F. (1978), *Le travail de recherche dans l'Université. Structure et déterminants*, Université Paris X, Centre de documentation et de recherches en Sciences sociales, Paris.
- Richard J. F. (1985), *Le Paysage. Analyse et synthèse*, thèse, Université Paris VII, Paris.
- Roche M., Freitas Y. (1982), Producción y flujo de información científica en un país periférico americano (Venezuela), *Interciencia* 7 (5), pp. 279-290.
- Rodriguez-Sala de Gomez Gil M. L. et alii (1970), El científico en Mexico, *Cuadernos de Investigación Social*, n° 2, Université nationale autonome de Mexico, Mexique.
- Schoijet M. (1979), The condition of Mexican science, *Minerva*, 22 (3), pp. 381-413.
- Small H. G. (1977), A co-citation model of a scientific speciality : a longitudinal study of collagen research, *Social Studies of Science*, 7, pp. 139-166.
- Small H. G., Griffith R. C. (1974), The structure of scientific literature, *Science Studies*, 4, pp. 17-40.
- Small H. G., Greenlee E. (1980), Citation context analysis and the structure of paradigms, *The Journal of Documentation*, 36, pp. 183-196.
- Texera Y. (1982), Publicación científica : análisis de los casos de la agricultura vegetal en Venezuela, *Interciencia*, 7 (5), pp. 273-278.
- Théry D. (1984), Le biais mimétique dans le choix des techniques, *Revue Tiers-Monde*, 25 (100), pp. 787-800.
- Trigo E. et alii (1982), *Organización de la investigación agropecuaria en América Latina*, IICA, San José, Costa Rica.

- UNESCO (1970), *Manuel d'inventaire du potentiel scientifique et technique national*, Etudes et Documents de Politique scientifique, n° 5, Paris.
- UNESCO (1981), *Introduction à l'analyse politique en science et technologie*, Etudes et Documents de Politique scientifique, n° 46, Paris.
- UNESCO (1983), *Statistical Yearbook*.
- Velho L. (1985), *Science on the periphery: a study of the agricultural scientific community in Brazilian universities*. PhD Thesis, SPRU, Sussex, G.B.
- Velho L., Krige J. (1984), Publication and citation practices of Brazilian agricultural scientists, *Social Studies of Science*, 14, pp. 45-62.
- Vessuri H. (1982), Tres enfoques de la relación ciencia y desarrollo, in *La responsabilidad de la comunidad científica*, Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas.
- Willam L., Populer M. (1981-2), La documentation automatisée au service de l'agriculture, *Annales de Gembloux*, 87, pp. 151-161, et 88, pp. 51-66 et 249-261.
- Yaalon D. H. (1964), Has soil research national characteristics? *Soils and Fertilizers*, 27 (2), pp. 89-93.
- Yaalon D. H. (1966), Publications as a measure of a nation's research effort, *Geotimes*, 11 (3), pp. 20-21.

Reproduit par S.E.G.
31 et 33 rue Béranger - 92320 CHATILLON
Tél. : 46 42 63 92

ORSTOM Editeur

Dépôt légal : juillet 1988
Numéro d'impression : 4091

ISSN : 0767-2888
ISBN : 2-7099-0893-X
Editions de l'ORSTOM
70, route d'Aulnay, 93143 BONDY Cedex