

L'AFRIQUE SCIENTIFIQUE DE LA FIN DES ANNÉES 1980

**Approche bibliométrique.
Panorama général, stratégies nationales, champs thématiques.**

Yvon Chatelin et Roland Waast
Institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération (Orstom),
Paris (France)

L'état des sciences en Afrique a été abordé dans cette étude par la méthode bibliométrique. Comme toutes les méthodes d'évaluation, la bibliométrie n'est pas dénuée de contraintes et présente parfois un aspect très formel. Elle possède en revanche plusieurs avantages. Le premier est de se baser sur la *production scientifique* – étant entendu que les publications sont la meilleure expression d'une activité de recherche réussie – qui se trouve en mesure de publier ses résultats. Son deuxième avantage est d'associer dans une même analyse des données concernant les *contenus scientifiques* (nature des connaissances produites) à d'autres concernant le *fonctionnement des communautés* de chercheurs (équipes, institutions, éditions, etc.).

Nous avons choisi d'étudier l'Afrique de la fin des années 1980. Plus précisément, nous avons retenu un corpus bibliographique des *années 1987 à 1990 incluses*, ces années étant celles de la constitution de la base documentaire, et non celles datant les publications. Le choix de cette période répond à des considérations pratiques (disponibilité de l'information) et surtout à l'idée qu'il fallait montrer le niveau auquel était parvenue l'Afrique scientifique, avant la situation de crise aggravée qui semble marquer le début des années 1990. La base documentaire utilisée a été la base française Pascal éditée par l'Institut national de l'information scientifique et technique (Inist, Vandœuvre-lès-Nancy, France).

Deux niveaux d'analyse ont été mis en œuvre. Un *sondage rapide* a d'abord été effectué pour l'ensemble des pays du continent. Une étude plus *détaillée* a été réalisée ensuite pour les pays de l'*Afrique de l'Ouest*, *Nigeria* compris, et pour le *Kenya*.

Il peut paraître facile de procéder à une évaluation bibliométrique d'une institution, d'un pays, ou d'un ensemble de pays. Des statistiques simples donnent rapidement une évaluation comparative du *poids scientifique* des diverses institutions ou des pays. En utilisant le plan de classement de la base documentaire, des interrogations automatisées fournissent également la répartition thématique de la production scientifique.

Si l'on pousse cette démarche, cependant, il devient nécessaire d'établir un certain nombre de *catégories descriptives* et d'*indicateurs numériques*. Progressivement se met en place un ensemble descriptif et analytique qui se présente comme un *cadre conceptuel cohérent* et qui devient *spécifique* du milieu scientifique étudié. Puisqu'il s'agit ici de pays africains, la démarche suivie tend à donner une représentation de l'activité scientifique de pays en développement, qui s'autonomise par rapport à celle concernant la science mondiale ou la science dominante.

Dans le texte qui suit, nous présentons de premiers résultats destinés à la publication dans un ouvrage que nous préparons sur l'Afrique scientifique aujourd'hui. Nous insistons ici sur l'*aspect méthodologique* de notre travail. Celui-ci nous a semblé d'autant plus important qu'il introduit à une *compréhension* et à une *représentation* des sciences au Sud, qui constituent le prisme au travers duquel il est possible, ensuite, de décrire et classer – fût-ce brièvement – les pays africains.

Panorama général

Le sondage rapide évoqué plus haut a été effectué par comptage, dans la base Pascal, de toutes les *publications affiliées* dans l'un ou l'autre des pays africains (une quarantaine de pays).

Il faut noter que la base Pascal n'indique que l'affiliation du premier auteur de chaque publication. Ceci est compatible avec nos positions méthodologiques et avec notre intention d'étudier la *production scientifique*. Chaque publication est assimilée à un *travail* scientifique. Ce travail est considéré comme le *produit* scientifique élémentaire, comme l'unité de base de notre analyse, et doit être attribué de façon univoque à un pays, une institution, un laboratoire (1).

Il n'y a pas de surprise à constater l'*extrême disparité* qui caractérise le panorama scientifique du continent africain ni à remarquer la position de l'Afrique du Sud, largement en tête de la production scientifique.

Le tableau 1 établit la liste des dix pays les plus importants du continent. Ces dix premiers pays sont eux-mêmes *très différenciés*, et nous les avons classés en trois sous-groupes que séparent des seuils quantitatifs nets. Au-delà du dixième pays, la production scientifique devient vraiment faible, nous entrons dans la catégorie des très petits pays scientifiques (ils ne sont pas présentés ici), et tout classement par ordre d'importance devient incertain.

La perspective change nettement (tableau 2) si l'on considère la production scientifique *pour une même population* (tranche conventionnelle de cent mille habitants).

Tableau 1. Nombre de références dans les 10 pays les plus importants

Premier groupe		Deuxième groupe		Troisième groupe	
				Côte d'Ivoire	547
Afrique du Sud	8101	Tunisie	1287	Algérie	515
Égypte	4921	Maroc	969	Zimbabwe	432
Nigeria	3570	Kenya	821	Sénégal	429

L'Afrique du Sud conserve sa position de leader, mais le classement ultérieur est bouleversé. Pays de taille moyenne, la Tunisie affirme son ambition scientifique. De petits pays favorisés par des revenus pétroliers viennent s'insérer dans le haut du classement, bien qu'en valeur absolue leur production scientifique soit très faible. Enfin, le Nigeria, géant scientifique de l'Afrique noire en valeur absolue, montre la fragilité de son développement scientifique, par un mauvais rapport entre production publiée et population.

Il va de soi qu'un classement de la production scientifique relatif à la population du pays a un autre sens que celui de cette production en valeur absolue. Dans un pays jeune, la *pérennité du système national de recherche* est d'autant plus assurée que la pratique de la science est plus également répartie dans la population.

Tableau 2. Nombre de références par tranche de 100 000 habitants

Afrique du Sud	20,4
Tunisie	15,9
Gabon	12,7
Gambie	10,3
Egypte	9,0
Sénégal	5,8
Libye	4,8
Botswana	4,8
Côte d'Ivoire	4,4
Zimbabwe	4,4
Maroc	3,8
Djibouti	3,7
Kenya	3,3
Nigeria	entre 3,0 et 3,8

Catégories descriptives et plan de classement

La première étape à réaliser pour passer à une étude plus détaillée (Afrique de l'Ouest, Nigeria et Kenya dans le cas considéré) consiste à établir les *catégories descriptives* qui vont constituer le *plan de classement*.

Trois notions ont été à la base de la définition de ces catégories. Chaque unité élémentaire de la production scientifique (c'est-à-dire chaque publication répertoriée dans la base documentaire) est caractérisée par son *objet*, ses *méthodes* et sa *finalité*. L'objet peut être, par exemple, le climat, ou des molécules organiques, ou certaines roches, ou la faune sauvage, etc. Les méthodes employées sont significatives dans la mesure où elles impliquent des niveaux différents de technicité (par exemple, il est plus facile de mettre en œuvre une approche épidémiologique qu'une analyse génétique). Enfin, la finalité revêt une importance particulièrement grande pour des pays en développement soucieux de gérer strictement leur potentiel scientifique. Des finalités différentes peuvent être poursuivies par diverses études portant sur de mêmes objets (par exemple, des études d'hydrobiologie peuvent avoir pour finalité l'aquaculture ou la préservation des milieux aquatiques naturels).

L'ensemble du champ scientifique (hors sciences sociales) est présenté en six domaines (tableau 3), chaque domaine étant à son tour subdivisé en rubriques et sous-rubriques. En réalité, l'établissement d'une telle structure arborescente résulte d'une démarche empirique, au cours de laquelle il faut décider, presque cas par cas, comment grouper les notices bibliographiques. Le plan de la base Pascal a été d'une grande aide dans ce travail, mais il n'a pas été conservé tel quel. Les domaines scientifiques sont

Tableau 3

Domaine	Intitulé	Abréviation
(1)	Sciences et technologies cosmopolites	Dom. 1 : Génie
(2)	Sciences des climats et des milieux aquatiques	Dom. 2 : Eau
(3)	Sciences de la terre	Dom. 3 : Terre
(4)	Sciences biologiques et écologiques	Dom. 4 : Ecol.
(5)	Sciences agronomiques, forestières, vétérinaires	Dom. 5 : Agric.
(6)	Sciences médicales	Dom. 6 : Méd.

pratiquement les mêmes que ceux déjà établis dans un travail antérieur portant sur un pays africain, la Côte d'Ivoire (Chatelin et Arvanitis, 1992). Les tableaux 4 à 9 (en annexe) fournissent un résumé des catégories descriptives établies, présentées en domaines, rubriques et sous-rubriques, en sous la forme d'un plan de classement.

Structure du champ scientifique

Le champ scientifique a-t-il une structure ? Depuis l'abandon, à la fin du siècle dernier, des grandes tentatives de classification des sciences (2), c'est une question que l'on ne se pose plus vraiment. La science, dans son ensemble, est devenue beaucoup trop complexe pour que l'on prétende en dégager la structure. Il n'en est pas de même pour le champ scientifique, plus simple, de beaucoup de pays en développement. Deux méthodes à notre disposition ont permis d'aborder la question.

Synergies scientifiques

Nous dirons qu'il y a *synergie scientifique* lorsque deux groupes d'études occupant des places éloignées dans le plan de classement présentent des *similitudes* (contenus scientifiques peu différents), ou entretiennent des relations de *dépendance* (un groupe fournissant des connaissances nécessaires à l'autre) ou de *complémentarité* (deux approches ayant la même finalité générale).

Les synergies ne sont pas (pour l'instant) définissables par un traitement automatique ou statistique. Elles s'observent, *qualitativement*, lorsque l'on analyse et que l'on classe, une à une, toutes les notices bibliographiques du corpus étudié. Parmi beaucoup d'autres exemples possibles, il est facile de concevoir qu'une étude du sol établisse un pont entre sciences de la terre et sciences agronomiques, ou que la biologie médicale et la biologie vétérinaire entretiennent d'étroits rapports de similitude. Telles qu'elles sont définies ici, les synergies scientifiques se rapportent à l'ensemble du corpus bibliographique étudié. A ce niveau, il s'agit donc plus de *la science en Afrique*, considérée globalement, que de la production scientifique de tel ou tel pays.

Les figures 1 et 2 proposent deux exemples de représentation graphique des synergies qui s'établissent à l'intérieur du champ scientifique global. Elles dessinent les relations qu'entretiennent en Afrique les sciences de la terre (fig. 1) et celles agronomiques (fig. 2) avec d'autres domaines scientifiques. Les rubriques sur lesquelles s'établissent

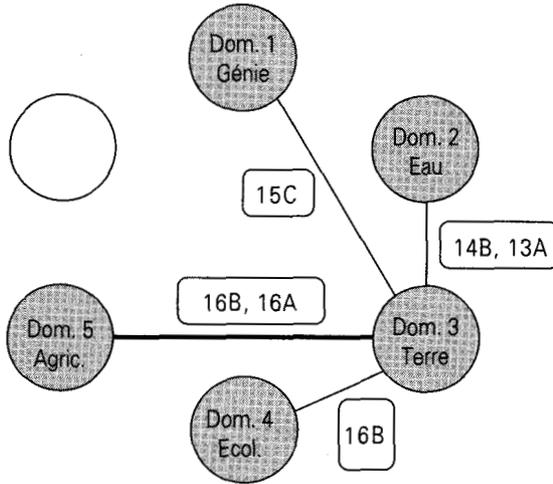


Figure 1. Synergies des sciences de la terre

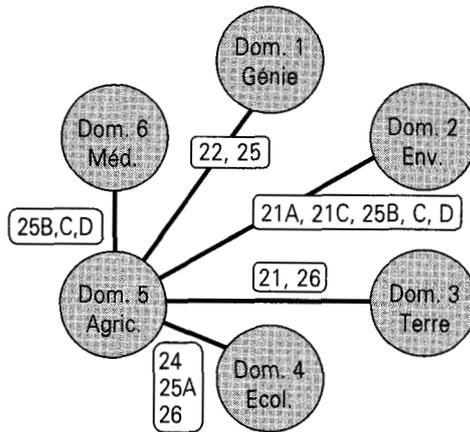


Figure 2. Synergies des sciences agronomiques

les synergies sont précisées par leur numéro de code, tel qu'il est indiqué dans le plan de classement (en annexe).

En quelques mots, faisons remarquer l'hétérogénéité du réseau des synergies. Le domaine des sciences de la terre (figure 1) n'en présente qu'assez peu, les plus nettes d'entre elles s'établissant avec le domaine des sciences agronomiques (étude des sols, principalement). Les disciplines agronomiques par contre (figure 2) entretiennent des synergies nombreuses, et avec tous les autres domaines.

Notons ainsi la différence avec ce que l'on pourrait attendre d'une telle analyse si elle était applicable à l'ensemble de la science mondiale. Les disciplines agronomiques

(souvent considérées comme marginales et peu visibles dans la science mondiale) structurent fortement le champ scientifique africain, alors que les disciplines fondamentales (physique, chimie) y apparaissent isolées (3).

Diagrammes stratégiques

L'analyse statistique de la *co-occurrence des mots clés* caractérisant chaque notice bibliographique fournit une autre approche de la structure du champ scientifique.

Le programme Leximappe réalise le calcul des co-occurrences, selon la formule $(C_{ij})^2 / C_i \cdot C_j$, et définit des « *composantes* » (ou *clusters*, en langue anglaise) par le groupement de mots clés associés, selon des paramètres que l'on peut faire varier pour que chaque composante soit formée d'un nombre plus ou moins grand de mots clés. Les composantes sont placées sur un *diagramme stratégique* à deux axes, l'un représentant la *densité* ou *cohésion* interne de chaque composante (force des liens entre mots clés de la composante) et l'autre la *centralité* de chaque composante dans l'ensemble du champ (force des liaisons s'établissant entre mots clés d'une composante à l'autre).

Les deux axes définissent quatre quadrants (voir figures 3 et 4). Ils se caractérisent ainsi. Quadrant 1 : densité forte et centralité forte, quadrant 2 : densité forte et centralité faible, quadrant 3 : densité faible et centralité forte, quadrant 4 : densité et centralité faibles. Les composantes venant se placer dans le quadrant 1 sont celles structurant le plus l'ensemble du champ scientifique.

Les descripteurs affectés à chaque notice bibliographique sont formés des mots clés fournis par la base Pascal et de ceux que l'on décide d'y ajouter. C'est ainsi, en enrichissant la série des descripteurs de chaque notice, qu'il est possible de faire appa-

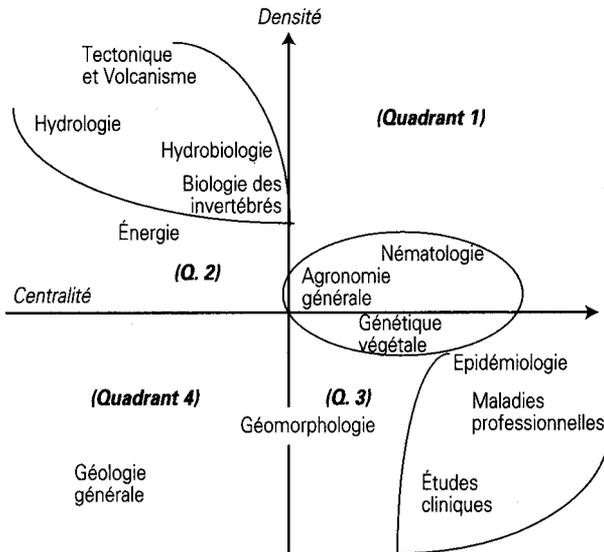


Figure 3. Diagramme stratégique de la Côte d'Ivoire

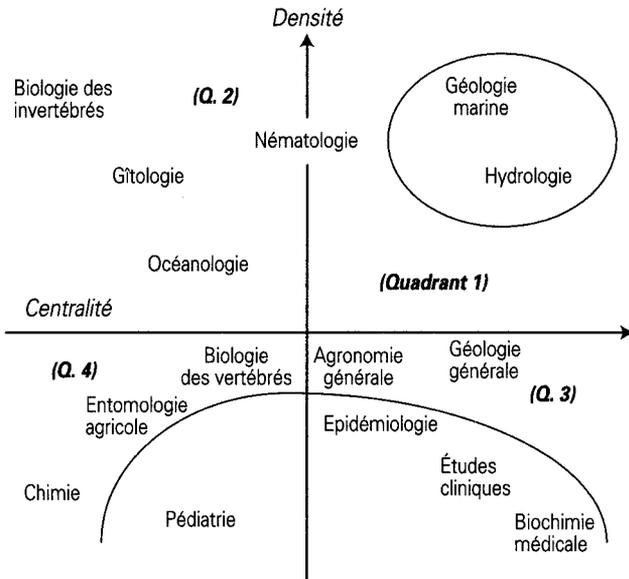


Figure 4. Diagramme stratégique du Sénégal

raître des composantes en rapport plus ou moins strict avec les *catégories descriptives* de notre plan de classement et qui présenteront significativement le profil de science des pays étudiés (4).

En appliquant cette méthode, certaines *constantes de la structure du champ scientifique* (nous ne parlons que du cas des pays africains) sont mises en évidence. On remarque, par exemple, que les publications médicales tendent à se grouper dans le quadrant 3, les études biologiques et écologiques dans le quadrant 2. En outre, chaque pays montre un profil original, et souvent peu banal au regard des formes habituellement observables dans la science mondiale courante.

La *comparaison d'un pays à l'autre* met en évidence des différences significatives exprimant des priorités et des stratégies scientifiques variées. La figure 3 représente le diagramme stratégique de la production scientifique de Côte d'Ivoire, et la figure 4 celui du Sénégal. Ces diagrammes, présentés à titre d'exemples, montrent d'une part certaines constantes structurales et d'autre part des différences relevant de stratégies nationales (5).

Relations avec la science mondiale

Notre approche conduit à appréhender (avant de l'analyser) la *production scientifique globale*, celle qui est *disponible* pour chaque pays, que cette production vienne du pays lui-même ou de l'extérieur.

En d'autres termes, il existe une *production scientifique interne* qui est issue des laboratoires nationaux ou implantés sur le sol national, et une *production scientifique externe* qui intéresse directement le pays africain mais qui est issue de laboratoires étrangers.

Ces deux catégories peuvent être considérées en fonction des six domaines scientifiques définis plus haut (voir le plan de classement en annexe). Il apparaît alors rapidement que la production interne et la production externe ont des *priorités scientifiques différentes*. Les figures 5 et 6 donnent, en exemple, une représentation visuelle de la répartition thématique de ces deux sortes de production pour un même pays. Il s'agit du Kenya, dont la production interne est montrée par la figure 5 et la production externe par la figure 6.

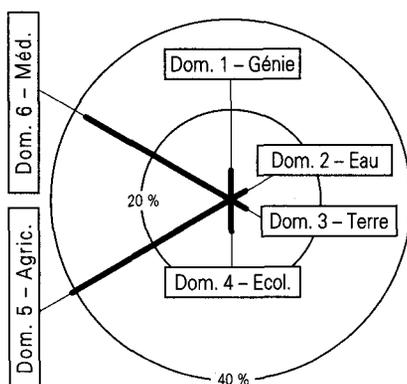


Figure 5. Production interne du Kenya, selon les 6 domaines scientifiques

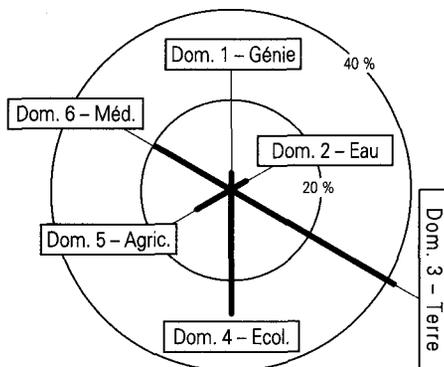


Figure 6. Production externe du Kenya, selon les 6 domaines scientifiques

Il n'est pas surprenant de remarquer que les laboratoires nationaux (ou implantés sur le sol national) privilégient l'agronomie et la médecine. Les laboratoires étrangers qui s'intéressent au monde intertropical relèvent surtout des sciences de la terre, de la biologie et de l'écologie.

D'une certaine manière, le monde intertropical est mis sous *surveillance scientifique*. Nous voulons dire par là que lorsqu'un problème scientifique important se pose en quelque endroit du globe, il attire l'intervention de laboratoires des pays développés.

Ce mécanisme est discernable aussi pour les problèmes de santé (surveillance du sida, par exemple), mais il marque quantitativement beaucoup moins la littérature des sciences médicales que l'intérêt porté aux milieux naturels ne marque la littérature correspondante.

Souignons enfin que la production externe a un *effet d'entraînement* sur la production interne. Les milieux naturels sont peu étudiés par les pays africains, sauf lorsque des laboratoires étrangers s'y intéressent aussi.

Indicateurs bibliométriques

L'analyse de la production scientifique conduit à proposer un certain nombre d'indicateurs numériques qui caractérisent généralement le *fonctionnement des communautés* scientifiques, plus que les contenus scientifiques (nature des connaissances produites). Voici les principaux indicateurs retenus.

- *L'indice d'associativité* correspond au nombre moyen d'auteurs par publication. Il est en relation directe avec la multidisciplinarité des études, avec la nécessité d'associer différentes techniques, avec le réseau des relations individuelles des chercheurs. C'est l'indicateur à la fois le plus simple et le plus *fondamental* de tous ceux que propose la bibliométrie. Une valeur de l'ordre de 2,5 est considérée comme bonne. Elle peut descendre à 1,9 pour l'ensemble d'une communauté nationale africaine peu liée aux communautés internationales, et même à 1,5 pour les disciplines les plus soumises à l'isolement (cas du Nigeria). L'indice peut s'élever à 3 ou plus dans les disciplines médicales, qui sont toujours plus associatives que les autres (même en restant limitées au cadre national), en raison des habitudes de travail du corps médical.
- Le *nombre d'auteurs actifs* est défini conventionnellement par le nombre des auteurs identifiés individuellement, *sur l'ensemble de la production* interne et externe. Dans notre étude, le corpus bibliographique correspond à une période de quatre ans. Les auteurs recensés ont des profils professionnels très variés. Ils représentent néanmoins un potentiel humain de haute formation scientifique ou technologique à la disposition de chaque pays. A titre d'exemple, le nombre des auteurs actifs est de l'ordre de 1 200 pour le Sénégal, 1 500 pour la Côte d'Ivoire, 2 200 pour le Kenya.
- *L'indice de professionnalisation* est obtenu en calculant les pourcentages d'auteurs ayant publié une seule fois, deux fois, ou trois fois et plus, dans le corpus bibliographique. Des communautés scientifiques jeunes, ou peu productives ont une grande majorité d'auteurs ayant peu publié. Les vrais professionnels de la recherche sont ceux publiant le plus. Des différences significatives apparaîtront entre pays.
- *L'indice d'insertion régionale* est défini par le pourcentage des publications concernant plusieurs pays. C'est ainsi que le Sénégal apparaît fortement inséré dans l'ensemble sahélien de l'Afrique de l'Ouest, avec 20 % de sa production scientifique correspondant à des travaux réalisés dans un cadre régional (plusieurs pays). La Côte d'Ivoire est moins insérée régionalement, puisque 10 % de sa production scientifique seulement concerne également un ou plusieurs autres pays.
- Le *rapport universités/instituts spécialisés* donne une image de la répartition institutionnelle et de la *productivité* des diverses institutions. Dans le cas du Nigeria, la

production scientifique est massivement dominée par les universités. Celle des instituts spécialisés reste très faible, malgré l'importance numérique des effectifs de chercheurs. Dans le détail, il faut faire le partage de la production des instituts nationaux et internationaux.

- L'*indice de dépendance éditoriale* est exprimé par le pourcentage de publications éditées hors du pays considéré. La dépendance éditoriale est toujours très grande pour les pays d'Afrique noire, avec des variations significatives d'un pays à l'autre. Premier producteur scientifique, le Nigeria est entravé par une dépendance éditoriale presque complète. En revanche, le Kenya, le Sénégal et même le Côte d'Ivoire disposent d'une certaine édition scientifique qui joue un rôle de *fixation* de la production interne et d'*attraction* d'études réalisées en d'autres pays.
- L'*indice de prestige scientifique* n'a pas reçu d'expression formelle comme cela avait été le cas dans une étude antérieure (6). D'un pays à l'autre, la situation change trop pour que l'on puisse établir un même indice. La notion de prestige a cependant une importance considérable dans l'évaluation des individus, des communautés, ou des pays. Elle n'est qu'indirectement exprimée dans la présente étude.

Essai de typologie

Les pays africains constituent un ensemble très disparate. Beaucoup d'entre eux ont à peine une existence scientifique discernable. Parmi les autres, qui ont une production scientifique importante, apparaissent des groupes, ou plus simplement des couples de pays relativement comparables. Il est évident que l'on ne peut pas mettre en parallèle de grands et de petits pays. C'est en tenant compte de cette dispersion et des limites raisonnables à la comparaison que l'on peut ébaucher une *typologie du développement scientifique*. Il faut considérer une telle typologie plus comme un *but théorique* que comme un objectif directement accessible. Nous nous contenterons ici de quelques remarques à propos de deux cas.

Le premier cas est celui du couple Sénégal et Côte d'Ivoire. Il s'agit de pays francophones l'un et l'autre, ayant une même politique générale, des dimensions géographiques et démographiques, des niveaux éducatifs du même ordre de grandeur, et qui apparaissent *peu différents* si l'on considère leur production scientifique *globale*. En appliquant à ces deux pays les outils analytiques décrits plus haut, on parvient cependant à des images significativement différentes.

Les figures 7 et 8 proposent une représentation graphique des productions scientifiques internes et externes, selon les six grands domaines scientifiques, pour les deux pays. Dans le cas du Sénégal (figure 7), un parallélisme très net apparaît entre recherche effectuée au Nord (production externe) et recherche effectuée sur le sol national. La répartition entre les six domaines scientifiques est équilibrée. Dans le cas de la Côte d'Ivoire (figure 8), production interne et externe ont des priorités différentes, et ne privilégient pas les mêmes domaines. Ajoutons que d'autres indicateurs bibliométriques accentuent la différence entre Sénégal et Côte d'Ivoire (insertion régionale, rôle des universités, etc.), contribuant à définir deux stratégies scientifiques différentes.

Dans notre terminologie, nous dirons qu'il s'agit de deux *types de développement scientifique*, ce qui implique non seulement une stratégie voulue (d'ordre largement

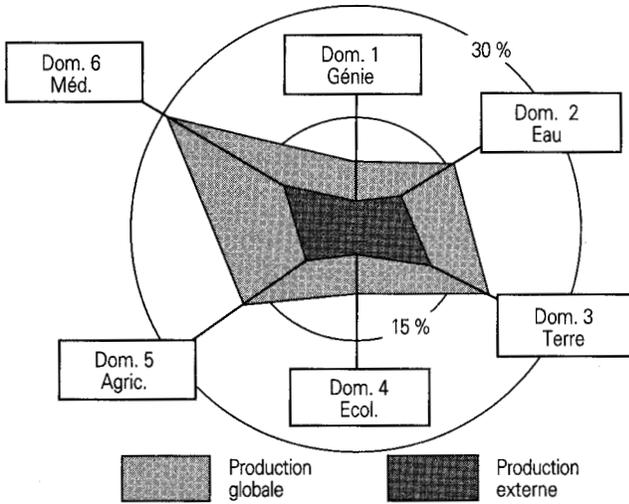


Figure 7. Production scientifique interne et externe du Sénégal

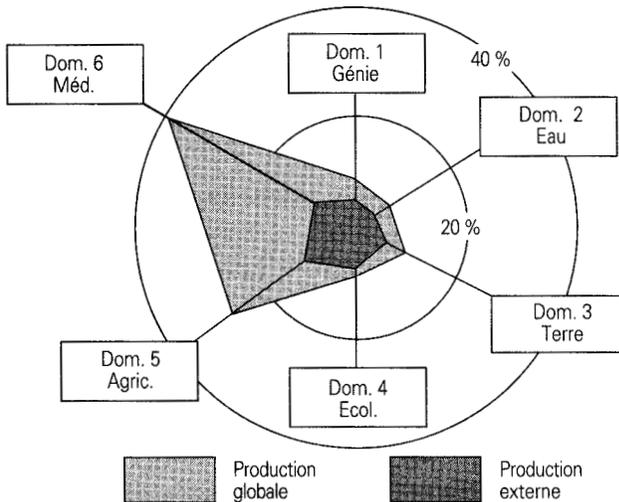


Figure 8. Production scientifique interne et externe de la Côte d'Ivoire

collectif et ne relevant pas seulement d'une politique des organismes de tutelle de la recherche) et des facteurs et contraintes d'ordre structurel, en grande partie hérités du passé.

Le deuxième cas que nous voulons donner en exemple est celui du Kenya et du Nigeria, malgré la grande différence de taille des deux pays. En fait, tous les indicateurs bibliométriques (ou presque) les opposent. Le Nigeria scientifique paraît très fermé sur lui-même, avec une production externe n'atteignant pas 10 % de la production globale.

Cela s'accompagne des plus faibles indices d'associativité rencontrés dans cette étude. Les thématiques sont définies sur des critères nationaux, délaissent l'étude des milieux naturels, développent au contraire les recherches à finalité industrielle. Au Kenya en revanche, la production externe dépasse 40 % de l'ensemble. Sous l'impulsion de la communauté internationale, les écosystèmes naturels, la faune et notamment les primates, les structures géologiques sont largement étudiés. Parmi les recherches plus appliquées, l'agriculture et surtout l'élevage constituent les grandes priorités. La communauté scientifique est marquée par un fort taux d'associativité, avec forte participation de chercheurs du Nord.

La comparaison du Nigeria et du Kenya conforte la notion de type de développement, en soulignant la *connectivité de la plupart des indicateurs* de l'activité scientifique. En d'autres termes, lorsqu'un système national de recherche tente de se transformer, sous un aspect ou un autre, son mode de fonctionnement et sa production scientifique peuvent se trouver affectés dans leur totalité (7).

Conclusion

La production scientifique africaine semble peu de chose par rapport à la totalité de science mondiale, ou par comparaison avec les grands pays scientifiques du Nord. Les perspectives changent lorsque l'Afrique est considérée en elle-même, et analysée selon des critères appropriés.

Au lieu d'apparaître comme le sous-produit déprécié de la science occidentale, l'Afrique scientifique se présente comme un ensemble d'expériences variées et de réussites inégales ou, en d'autres termes, comme un terrain d'expérimentation sur lequel *différents modèles* de développement scientifique se trouvent *confrontés*.

Pour diverses raisons, certains pays n'ont pas réussi, ou n'ont pas voulu, dans le passé, créer leur propre communauté scientifique, s'assurer la coopération bi- ou multilatérale nécessaire. Ils n'apparaissent pratiquement pas sur la carte de la production scientifique.

Là où, au contraire, la recherche s'est développée, les crises politiques et économiques récentes, malheureusement aggravées au cours des années 1990, peuvent annihiler beaucoup d'efforts. Quel que soit l'avenir proche, les acquis scientifiques obtenus après trente années d'indépendance doivent être reconnus, décrits, et réhabilités face à une opinion trop répandue voulant ignorer *l'existence d'une Afrique noire scientifique*.

NOTES

- 1) Beaucoup d'études bibliométriques utilisent des bases bibliographiques (notamment celle de l'*Institute of Scientific Information*, Philadelphia, PA) donnant l'affiliation de plusieurs auteurs (en cas de co-signature) de chaque publication. A notre sens, la prise en compte de toutes les affiliations conduit préférentiellement à l'analyse de la *composition des communautés scientifiques*, alors que la prise en compte d'une affiliation unique par publication privilégie la notion de *production scientifique* telle que nous la concevons ici.
- 2) Rappelons que l'idée d'un classement des connaissances remonte à Aristote, et qu'elle a été reprise par Francis Bacon. Au XVIII^e siècle, Diderot présentait l'*Encyclopédie* par l'ambition de « former un arbre généalogique de chaque branche de nos connaissances, (montrant) les liaisons qu'elles ont entre elles et avec la tige commune ». C'est au siècle suivant que sont apparues les grandioses classifications des sciences, avec Auguste Comte et autres positivistes de son époque (A.M. Ampère, A.A. Cournot). Le lecteur excusera la brièveté de ce rappel et l'absence de référence à des approches plus récentes (épistémologie génétique de Piaget, etc.).
- 3) Sur le sol africain, physique et chimie sont plus orientées vers des problèmes industriels locaux que vers la production de connaissances fondamentales utiles à d'autres disciplines.
- 4) Deux exemples schématiques vont aider à comprendre le travail effectué sur les descripteurs. Supposons que l'on veuille créer une catégorie pour grouper tout ce qui concerne la médecine des nouveaux-nés et des enfants. Cette catégorie reçoit un code de classement que l'on entre comme descripteur avec les mots clés. Les premiers tris montrent que le descripteur formé par le code, et donc donné par nous, a pratiquement les mêmes occurrences que le descripteur « enfant », mot clé de la base Pascal. L'analyse Leximappe construit ensuite une composante que l'on décide d'appeler « pédiatrie ». L'introduction du code de classement parmi les descripteurs a été inutile, on aurait obtenu la même composante tout simplement avec les mots clés de Pascal. Par contre, c'est nous qui avons choisi « pédiatrie » comme nom de la composante. Un cas opposé pourrait être celui donné par une catégorie créée pour grouper tout ce qui concerne l'écoulement des eaux de surface, dans les bassins versants naturels et expérimentaux, en excluant tout ce qui se rapporte à l'érosion des terres. Cette catégorie reçoit en fait trois codes de classement (10A, B, C) qui entrent eux aussi dans l'analyse, mais dont on découvre par la suite qu'ils ne donnent leur nom à aucune composante. L'analyse terminée, on obtient en effet une composante nommée « hydrologie ». Le mot « hydrologie » est un mot introduit par la base Pascal, il est gardé comme nom d'une composante. On remarque qu'il intervient aussi largement en dehors de la composante prenant son nom, définissant des liens externes (avec l'étude des sols et de leur érosion, par exemple) qui sont (comme les synergies) une forme d'expression de la multidisciplinarité. En fait, la préparation des descripteurs correspond à un travail itératif, avec des ajouts, des retraits lorsque des descripteurs apparaissent comme plus ou moins synonymes, un contrôle fréquent des listings, et un affinement progressif de l'analyse automatisée finale.
- 5) Parmi les constantes structurales, on notera la position comparable des disciplines médicales sur les deux diagrammes, et l'absence (Côte d'Ivoire) ou le mauvais placement des disciplines fondamentales (composante « chimie » sur le diagramme du Sénégal. Pour les spécificités nationales, sur le diagramme du Sénégal (pays manifestement préoccupé par les ressources en eau), on remarquera le groupement « géologie marine » et « hydrologie » dans le quadrant des études à cohésion et centralité fortes.
- 6) Voir Chatelin (Y.) et Arvanitis (R.), 1992.
- 7) Cette remarque s'inscrit à l'encontre de l'idée d'unicité de la science, ou à l'encontre d'une vision manichéenne identifiant deux cas seulement, la bonne recherche d'un côté, et la mauvaise de l'autre.

BIBLIOGRAPHIE

- 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, p. 191-235.
- Chatelin (Y.), Arvanitis (R.), 1992, « Indices de structuration de l'activité scientifique. Exemple de cinq domaines avant 1968 en Côte d'Ivoire ». Editions de l'Orstom, *Les indicateurs de science pour les pays en développement*, p. 239-252.
- Chatelin (Y.), Gaillard (J.), Keller (A.S.), à paraître. *The Nigerian scientific community: the colossus with feet of clay*.
- Davis (Ch.H.), 1982, *Science for Africa: a study of Selected Aspects of International Science Policy and Cooperation in Subsaharian Africa. 1945-1979*. Thèse, Université de Montréal, 410 p.
- Davis (Ch.H.), 1983, « Institutionnal sectors of "mainstream science" » in Sub-saharian Africa, 1970-1979: a Quantitative Analysis. *Scientometrics*, 5, 3, p. 163-175.
- Gaillard (J.), Waast (R.), 1988, « La recherche scientifique en Afrique ». *La Documentation française, Afrique contemporaine*, 148, p. 3-30.



ANNEXES

Tableau 4. Domaine 1

Domaine 1	Rubrique	Sous-rubrique	Code	
Sciences et Technologies Cosmopolites	Maths et Statistiques		00	
	Physique		01	
	Chimie et biochimie	Biochimie végétale	02	
	Informatique		03	
	Technologies	Biotechnologies	Biotechnologies s.s.	04A
			Cultures tissus	04B
			Agro-alimentaire	04C
	Cosmopolites	Énergie		05
Génie civil		06		

Tableau 5. Domaine 2

Domaine 2	Rubrique	Sous-rubrique	Code
Sciences des Climats	Climatologie	Météorologie	07A
		Physique de l'atmosphère	07B
		Bioclimatologie	07C
et des Milieux	Océanologie	Physique des océans	08A
		Océanobiologie	08B
Aquatiques	Géologie marine		09
	Hydrologie	Eaux de surface	10A
		Ressources en eaux	10B
		Pollution des eaux	10C
	Hydrogéologie		11
Aquatiques	Eaux douces	Aquaculture	12A
		Pêcheries	12B

Tableau 6. Domaine 3

Domaine 3	Rubrique	Sous-rubrique	Code
Sciences de la Terre	Physique du globe et cosmochimie	Géophysique	13A
		Géochronologie	13B
		Cosmochimie	13C
	Géologie	Pétrologie	14A
		Géologie générale	14B
		Tectonique	14C
		Paléogéographie	14D
	Géologie appliquée	Géochimie	15A
		Gîtologie	15B
		Géotechnique	15C
	Formations superficielles	Géomorphologie	16A
Pédologie		16B	

Tableau 7. Domaine 4

Domaine 4	Rubrique	Sous-rubrique	Code
Biologie et Écologie	Biologie générale		17
	Milieux et espèces aquatiques	Hydrobiologie	18A
		Chimie des eaux	18B
	Espèces animales et terrestres	Invertébrés	19A
		Vertébrés	19B
		Physiologie	19C
	Biologie végétale	Systematique	20A
		Physiologie	20B
		Ecologie	20C
		Ethnobotanique	20D

Tableau 8. Domaine 5

Domaine 5	Rubrique	Sous-rubrique	Code	
Sciences	Agronomie générale	Techniques culturales	21A	
		Fertilisation	21B	
		Régime hydrique	21C	
		Biomasse	21D	
	Amélioration des plantes cultivées	Techniques de sélection	22A	
		Génétique	22B	
		Physiologie	22C	
		Fixation d'azote	22D	
		Techniques sanitaires	23A	
		Virologie végétale	23B	
	Protection des cultures	Bactériologie	23C	
		Cryptogrammes	23D	
		Entomologie agricole	23E	
		Nématologie	23F	
	Agronomiques	Sylviculture	Foresterie	24A
			Agroforesterie	24B
Zootechnie		Agrostologie	25A	
		Parasitologie	25B	
		Médecine vétérinaire	25C	
	Génétique et immunologie	25D		
Ressources naturelles	Apiculture	25E		
	Evaluation et conservation	26		
	Systèmes agraires		27	

Tableau 9. Domaine 6

Domaine 6	Rubrique	Sous-rubrique	Code
Sciences	Recherches fondamentales	Pharmacologie	28A
		Biochimie médicale	28B
		Parasites et vecteurs	28C
		Techniques analytiques	28D
		Anthropologie médicale	28E
Médicales	Études cliniques	Clinique générale	29A
		Pédiatrie	29B
		Chirurgie	29C
		Cardiologie	29D
		Psychiatrie	29E
		Contraception	29F
Santé publique	Santé publique	Hygiène	30A
		Nutrition	30B
		Épidémiologie	30C

**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^e SIÈCLE**

**SÉRIE SOUS LA DIRECTION
DE ROLAND WAAST**



VOLUME 6

**LES SCIENCES AU SUD
ÉTAT DES LIEUX**

ROLAND WAAST
ÉDITEUR SCIENTIFIQUE

CRISTOM
éditions

**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^e SIÈCLE**

20TH CENTURY SCIENCES:
BEYOND THE METROPOLIS

**SÉRIE SOUS LA DIRECTION
DE ROLAND WAAST**

VOLUME 6

**LES SCIENCES AU SUD
ÉTAT DES LIEUX**

SCIENCES IN THE SOUTH
CURRENT ISSUES

**ROLAND WAAST
ÉDITEUR SCIENTIFIQUE**

ORSTOM Éditions

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
PARIS 1996