

# Bibliométrie fine. Méthode et résultats

ROLAND WAAST ET PIER LUIGI ROSSI

## 1. Méthodologie

Nous avons dit (chapitre « Méthode ») l'intérêt d'un cadrage bibliométrique pour caractériser la science marocaine. Il s'agit d'examiner la production d'articles scientifiques signés d'auteurs locaux, et publiés dans les meilleures revues mondiales de leur spécialité. Ces articles sont enregistrés par des bases bibliographiques, d'où l'on peut extraire tout ce qui provient d'un pays, d'une institution, d'une ville, d'un auteur. On peut ensuite comparer cet « output » avec celui d'autres pays, villes, etc., au cours de la même période ou au fil du temps.

Il est de bonnes raisons de s'intéresser aux publications. *En théorie* [Merton 1977] d'abord, les chercheurs poursuivent essentiellement la notoriété que leur vaut l'examen de leurs travaux par les « pairs » de leur communauté scientifique. Il leur faut donc publier, et vite (la prime allant à l'originalité et à la découverte). Même si la réalité est plus complexe, les contre théories reconnaissent toutes l'importance des publications : la concurrence entre chercheurs induit la fameuse injonction du « *Publish or Perish* » ; la science est certes pénétrée d'intérêts et de considérations « profanes », qui l'orientent lieu par lieu et lui assurent ses ressources ; mais les scientifiques locaux comme les alliés de la science<sup>1</sup> ont besoin de « certificats » de qualité, et les publications dans des revues très arbitrées sont les plus prestigieuses.

*En pratique*, on observe une croissance constante et considérable des articles et revues scientifiques. Il n'est plus possible aux spécialistes, ni aux « juges de paix » du milieu de les lire toutes. C'est ce qui a déterminé la création de bases bibliographiques. Elles permettent de gagner du temps, de se faire idée des tendances, de distinguer la cotation (la qualité ?) des œuvres récemment produites. Ces bases sont évidemment sélectives, dépouillant un lot choisi de revues.

---

1. On notera que les brevets eux-mêmes doivent, pour prouver leur originalité, explicitement contenir une liste de publications indiquant la théorie à laquelle ils réfèrent, et les travaux voisins dont ils se distinguent.

Avec elles est née la bibliométrie. Fondée par De Solla Price, cette discipline<sup>2</sup> repose sur des « lois », que l'observation ne cesse de conforter. La plus importante (loi de Lotka) est que cette production est très concentrée : une toute petite partie des acteurs est responsable de l'essentiel de la production. Cela se vérifie, non seulement pour les auteurs, mais pour les laboratoires qui les abritent. Bien sûr, ces acteurs visent les revues les plus prestigieuses (ou l'inverse). Il est donc légitime de prétendre représenter la science (en tous cas la science *influyente*) par le contenu d'un nombre limité de journaux bien choisis. Ainsi procèdent les grandes bases bibliographiques.

Ces bases ne sont pas à l'abri de la critique. Elles ont des biais de langue, et dépouillent peu de revues d'intérêt « local ». Elles reflètent mieux l'activité des sciences de base que celle des sciences appliquées<sup>3</sup>. Elles peinent à rendre compte des travaux inter disciplinaires. Leur « rendu » de la science des régions en développement a été notamment discuté [Arvanitis & Gaillard, 1992]<sup>4</sup>. Il est intéressant de citer à ce sujet deux études.

La première compare (en Afrique du Sud) une *liste d'auteurs* « d'excellence » établie par des commissions scientifiques nationales, avec un référendum conduit auprès d'un large échantillon de chercheurs pour désigner leurs collègues de qualité. Les deux listes sont confrontées au contenu de la base Pascal. Le « référendum » ignore trois quarts des « excellents » classés par les pairs, tandis que PASCAL connaît et classe bien trois quarts d'entre eux : c'est que chaque chercheur interrogé ne connaît guère de collègues hors de sa propre discipline. Le référendum mentionne 7 fois plus d'auteurs de qualité que les « excellents », et Pascal connaît 12 fois plus d'auteurs (soit trois quarts de la communauté scientifique active, au jugement d'un centre spécialisé, le CREST). *La base est donc un bon outil de signalement.*

La deuxième étude compare, au Maroc, la production totale déclarée par les agronomes d'un Institut prestigieux (l'IAV) avec ce qu'en retiennent plusieurs bases de données : CAB et AGRIS, spécialisées en agriculture ; et Pascal, généraliste [Doghraj A., 1993]. De 1968 à 1990 (période étudiée), la production déclarée comprend 40 % d'articles, 30 % de communications à colloques et 25 % de rapports de recherche. Moitié des articles est publiée en revues locales. Les bases dépouillent essentiellement les articles (surtout internationaux), Pascal indexe un produit sur cinq, CAB un sur quatre, AGRIS un sur trois. Tous comptes faits<sup>5</sup>, *les bases manquent de 50 à 70 % de la production déclarée.* On doit alors se demander si la part occultée correspond à des

2. La bibliométrie, ou plutôt la scientométrie, qui n'utilise pas que les bases bibliographiques, a désormais ses Journaux (*Scientometrics* est le plus important), sa communauté, ses associations, ses congrès.

3. Qui ont d'autres scènes d'expression et de compétition que les seules Revues.

4. Certains pays créent leurs propres bases (Afrique du Sud, Japon, Chine, essais en Amérique latine).

résultats préliminaires (sans grande portée analytique et pratique) ; ou s'il s'agit d'une science originale, à visée locale, abordant par des méthodes propres des thèmes pertinents qui ne figurent pas à l'agenda mondial ? La question est indécidable. Seuls des experts du domaine peuvent en traiter. *C'est pourquoi le cœur de notre évaluation du système de recherche a consisté dans la visite de laboratoires par des pairs européens.*

Notons toutefois que *le mouvement de la production* de période en période est fidèlement rendu par les bases (leur *thermomètre est constant* : mêmes Revues, même méthode). En outre, les experts s'accordent (en toutes disciplines : ce fut le cas au Maroc) pour admettre qu'elles ne manquent ni les auteurs ni les institutions majeurs.

Par contre, des acteurs moins visibles peuvent être identifiés, comme « bien positionnés » scientifiquement ou socio économiquement ; à l'inverse, des résultats abondants peuvent être rattachés à des voies sans grande perspective de percée savante ou d'application.

Lorsqu'on en vient aux *stratégies de recherche*, la bibliométrie mérite donc d'être complétée par l'approche d'experts, bien au fait du mouvement récent de la science et de la technologie dans le monde. Elle constitue par contre un *bon outil de tableau de bord*, pour le suivi de la science nationale (auteurs, villes, institutions porteurs de points forts, évolution). C'est dans cet esprit que nous avons construit notre étude.

### **Notre objectif : une bibliométrie fine**

Il est aisé, grâce aux bases bibliographiques, de suivre la performance globale d'un pays ; et de la comparer, dans les très grands domaines scientifiques, à celle des principaux producteurs de la planète. Il ne nous a pas semblé que ces données soient le tout, ni le plus important, pour les responsables de science d'un pays en développement. Leur attention se portera plutôt vers les pays semblables ou voisins (nous avons pris ceux d'Afrique pour horizon de comparaison). Elle s'attachera surtout à identifier en détail les points forts et faibles, les niches d'opportunité, les sites et les acteurs compétents sur lesquels s'appuyer (auteurs, établissements).

Pour entrer dans ces détails, il faut mettre en œuvre des finesses que peu de bibliomètres ont jusqu'ici développées. Il faut en particulier :

- bien sûr d'abord choisir une base de référence appropriée ;
- coder le sujet dont traite chaque article indexé, et l'affecter à un sous domaine de sciences assez fin et suffisamment développé ;

---

5. Les listes comportent des redondances : rapports et communications font l'objet de remaniements pour aboutir à la forme d'articles (40 % d'entre eux aurait cette origine) ; les articles sont parfois publiés plusieurs fois (en langues différentes, ou à l'international, sous des formes voisines).

- identifier au sein de l'adresse institutionnelle donnée par chaque auteur : son pays d'origine, mais aussi la ville, l'établissement voire le laboratoire dont il est membre.

## 2. Techniques de traitement

### 2.1. Le choix d'une base de référence

Notre but étant de traiter l'ensemble des sciences de base et de l'ingénieur, nous avons opté pour une base *généraliste* couvrant tous ces domaines. Les bases spécialisées sont plus riches. Mais il est impossible de les raccorder, leurs méthodologies étant fort diverses.

Le choix se limitait donc au SCI (Science Citation Index, produit par l'ISI de Philadelphie) ou à son alternative Pascal (produit par l'INIST-CNRS, France).

Le SCI est une base fabriquée avec rigueur, de qualité constante, généralement retenue par les bibliomètres. Ses biais sont connus (notamment en faveur de la langue anglaise, de la médecine, et en défaveur des Journaux de « petits pays scientifiques »). Son avantage exclusif est, en dépouillant toutes les citations mentionnées par chaque article indexé, de permettre en retour de mesurer les citations reçues (donc l'influence de la science produite : son « impact »).

La qualité de fabrication de Pascal a été moins régulière [Arvanitis *et al.* 2000]<sup>6</sup>. Les citations ne sont pas dépouillées. Mais Pascal couvre mieux les pays francophones. La base dépouille un peu plus de Revues locales. Surtout, Pascal attribue à *chaque article* dépouillé un ou plusieurs *codes matière* très détaillés<sup>7</sup>.

La détermination en détail des points forts du Maroc étant un de nos objectifs principaux, *c'est donc la base Pascal que nous avons retenue.*

Afin d'assurer une vérification, nous avons aussi recouru à la base ISI et confronté ses *macro* indicateurs avec ceux tirés de Pascal (volume de la production, auteurs et évolution sur 15 ans).

### 2.2. Les sous domaines de recherche

Les codes matière que Pascal affecte à chaque article sont très détaillés. Trop pour notre besoin. Le « plan de classement » auquel nous voulions aboutir est

6. La base va s'améliorer depuis 1985 : tous auteurs dépouillés depuis 1996, et non seulement le premier comme aux débuts ; meilleure standardisation de la rédaction des notices. L'emploi en bibliométrie nécessite toutefois encore un travail fastidieux de préparation des fichiers. Vers 1993-1994, des désabonnements imprévisibles ont modifié le contenu de la base. La comparaison temporelle demande précautions : d'où notre coupure de périodes en 1995.

7. Le SCI ne le fait pas. Les articles y sont classés en fonction du journal où ils ont paru, en huit grands domaines scientifiques grossiers. Le passage à une centaine de sous domaines s'effectue par un processus complexe et peu sûr, d'attribution de « parts » de sous domaines à chaque Journal.

un compromis entre souci de précision (catégories détaillées) et reflet de l'activité (pour se prêter au traitement statistique, les catégories doivent comprendre au minimum de 5 à 10 items).

Pour satisfaire à cette double contrainte, nous avons décidé de ne réaliser d'étude par sous domaines que sur des *effectifs de publications regroupés par périodes de 5 années*.

La périodisation permet d'observer des *scores cumulés* de publication significatifs au niveau d'un établissement, dans des sous domaines relativement rares. Ils seraient passés inaperçus (statistiquement inutilisables) lors d'un comptage année par année<sup>8</sup>.

Ce parti pris nous a permis de différencier utilement *une centaine de sous domaines de recherche*. Une trentaine de villes et nombre d'établissements y contribuent régulièrement.

Nous avons respecté la division que fait Pascal en branches et sous branches des disciplines. Nous avons fortement détaillé certains domaines de sciences appliquées jugés importants par le gouvernement (agriculture ; santé). Dans quelques cas, nous avons fixé nos frontières pour que la combinaison de deux ou trois de nos catégories couvre un champ pratique de préoccupation pluridisciplinaire (l'Eau par exemple).

Les remaniements du plan ont fait l'objet de discussions avec le Ministère et avec des spécialistes. Notre objectif était de parvenir à un découpage qui tienne compte des capacités installées (pas de catégories trop riches ou trop pauvres), et de l'avenir : priorités du ministère, évolutions prévisibles de la science monde. Il va de soi que les codes très fins de Pascal permettent à tout moment de réviser la partition.

Nous avons établi la table de correspondances entre ce plan, et les codes Pascal. Nous avons ensuite transcodé, dans nos catégories, les codes affectés par la base à chaque article.

### 2.3. Lieux de la production

Reste une étape majeure : préciser les lieux de la production (pays, ville, établissement ; laboratoire au besoin). Ces informations figurent, pour chaque article, dans un champ unique et touffu, « *l'adresse* » déclarée par l'auteur. Il faut parvenir à le découper, et à coder chacune des informations.

a) *Le pays* de rattachement figure en principe en fin de chaîne du champ adresse, sous forme d'un code à 3 lettres. Nous avons donc et d'abord extrait *de l'ensemble de la base Pascal* les articles dont l'adresse se termine par MAR (code du Maroc). C'est notre fichier de référence (MAROC 1).

8. Cette disposition permet aussi d'atténuer l'effet d'événements exceptionnels (congrès mondiaux, publication d'un ouvrage collectif marquant...), qui gonflent certaines années le score d'une discipline ou d'une institution.

Par commodité pour la suite des traitements, nous l'avons transporté sur un logiciel documentaire (TEXTO).

Nous avons ensuite limité le fichier aux items dont la date de publication se situe *entre 1990 et 2001* (limites incluses). C'est le fichier « MAROC 2 ».

**b) Extraction des Villes.** L'étape suivante consiste à identifier *l'avant dernier segment* de l'adresse des auteurs. Il s'agit en principe de « *la ville* » où se déroule leur travail. Ce segment est reporté en tête de l'adresse, et le fichier classé par ordre alphabétique des « villes ». Sa normalisation s'effectue « à la main », à partir d'un listing imprimé.

Le nombre des « villes » de travail déclarées par les auteurs est important. On observe que nombre d'entre elles sont des banlieues ou des quartiers de grandes villes. Avec une bonne connaissance géographique du pays, on établit une table de correspondances qui les rattache à leur métropole. Celle-ci porte un simple numéro, aussi affecté aux orthographes défectueuses, et facile à traiter dans les phases ultérieures.

Seul un nombre limité de villes est codé de façon distincte (pour le Maroc : une vingtaine) : on tient compte du volume de publications qui s'y rapporte. Une autre trentaine de villes est codée dans une catégorie « Divers ». Les autres cas (scores inférieurs à 2 sur 10 ans, adresses sans nom de ville...) sont non codés et mêlés dans une catégorie « Autres ».

Transcription faite, on vérifie que l'opération est satisfaisante (les adresses commencent désormais par un numéro de ville; aucune « ville » importante n'est sans code; les laissés pour compte sont des adresses personnelles ou très rares). C'est le fichier « MAROC 3 ».

**c) Extraction des « institutions ».** Cette opération est la plus minutieuse. Il s'agit d'identifier, dans le « reste » de l'adresse, l'établissement auquel l'auteur se dit rattaché. Or, les graphies proposées pour une même institution sont innombrables. Pour rendre justice à chaque établissement, il faut ramener toutes ses descriptions à un sigle unique, exclusif.

L'opération se réalise à la main. Elle s'effectue *ville par ville*, sur un listing de MAROC 3.

Ceci permet d'éviter des ambiguïtés. Par exemple, les Centres hospitaliers universitaires, acteur important, sont souvent désignés par les auteurs en toutes villes sous le simple vocable de CHU. Pour conduire une analyse bibliométrique par institution, il importe d'assigner à chacun un sigle particulier.

On discerne mieux les identités ville par ville. L'examen du listing guide vers des stratégies de codage : le plus souvent en entonnoir inversé, en partant du plus spécifique (« marqueur » indubitable d'un établissement, par exemple sous forme d'une boîte postale) pour aller vers les formules les plus floues (École d'ingénieurs, Université, sans autre précision). On recherche en chaque ville des mots (ou chaînes de mots) parfaitement distinctifs, en nombre aussi faible que possible pour recouvrir l'ensemble des intitulés observables.

Une table de correspondances établit le lien biunivoque à une institution, elle-même représentée par un sigle. Après application, on obtient un fichier MAROC 4, où les références sont classées par adresses commençant par un N° de ville, puis un sigle d'institution.

L'opération est fastidieuse<sup>9</sup>. L'avantage est qu'elle est rapidement révisée lors des mises à jour périodiques. L'expérience nous a montré que de 5 en 5 ans, il apparaît très peu de nouvelles institutions productives, et peu de graphies originales (si le premier codage est bien fait, il est *robuste*)

*d) Extraction de « laboratoires ».* Comme dans la phase précédente, il est loisible d'identifier dans MAROC 4, au sein des institutions, certains laboratoires et de les affubler d'un sigle. L'opération ne vaut toutefois d'être réalisée que très partiellement, pour des laboratoires signalés par leur production et leur longévité. Le cas est assez rare.

*Le traitement des données commence alors (voir Résultats à la suite).*

### 3. Résultats

#### 3.1. Note liminaire : mesures

L'objectif n'étant pas de se comparer au Japon ou aux Etats-Unis, nous n'avons pas calculé de « parts mondiales » détenues dans telle ou telle discipline. Nous avons pris au besoin l'Afrique pour horizon de comparaison (elle comporte ses poids lourds). Pour mieux centrer l'attention sur les phénomènes intérieurs au Maroc, nous présentons pour l'essentiel des *décomptes* de publications indexées. Ils parlent plus que les « parts » mondiales, et leur variation (dans le temps et l'espace) est identique.

Pour les auteurs, les villes, les établissements, nous avons décompté des « *participations* » à la création scientifique. C'est-à-dire que nous avons accordé 1 point pour chaque article portant adresse d'au moins un auteur marocain. Ainsi, dans notre décompte, un article cosigné par deux auteurs marocains tous de la même institution vaut 1 point à cette institution, et 1 à chaque auteur. Un autre article signé par deux auteurs marocains appartenant cette fois à deux institutions différentes vaut 1 point à chaque institution et 1 à chaque auteur.

Une autre manière de faire (décompte fractionnaire) est de n'accorder qu'une fraction de point à chaque auteur d'un article, en fonction du nombre total des auteurs. Dans les cas précédents, à supposer qu'aux auteurs marocains s'adjoignent deux auteurs de pays étrangers, chaque institution et chaque auteur marocains seront crédités de  $\frac{1}{4}$  de point (2 fois  $\frac{1}{4}$  de point pour l'institution qui a deux auteurs).

9. On peut penser à l'automatiser, avec un taux d'échecs qui risque d'être important.

Ce dernier décompte est plus « juste » mais nous convient mal. L'objectif n'est pas ici d'évaluer des personnes ou des établissements. Il est d'identifier les sites et les porteurs de compétence. Ce sont les « participations » qui les signalent le mieux, dans chaque domaine précis<sup>10</sup>.

Dans quelques cas nous avons confronté les résultats de Pascal à ceux du SCI. Il s'agit soit de vérifications (évolution dans le temps de la production enregistrée) ; soit de commodité (coopérations), ou de précaution (modes variés de calcul pour saisir le devenir d'auteurs très productifs). On verra que les deux bases s'entendent largement sur les grandes tendances.

### 3.2. Vue d'ensemble

Cette étude fait suite à une autre, réalisée dans le cadre plus général d'une recherche sur les « sciences en Afrique » [Waast & Gaillard, 2001]. Elle faisait ressortir l'essor surprenant, car à contre-courant, de la science marocaine entre 1987 et 1996. La reprise de cette étude, avec bien plus de détails (bibliométrie fine, à l'échelle des institutions et de 100 sous domaines de science) confirme la tendance et la spécifie (1997-2001). Dans les deux cas, nous avons pris en compte les publications marocaines enregistrées par la base bibliographique Pascal. À l'occasion, nous avons confronté ces données à celles inscrites dans le SCI (Science Citation Index). Les deux sources convergent sur l'essentiel.

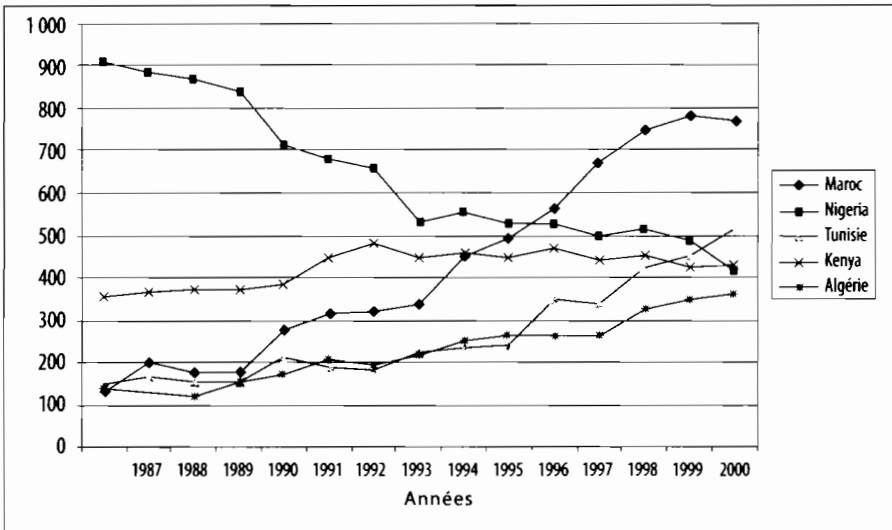
#### L'ESSOR DE LA SCIENCE MAROCAINE (1987-1996)

Notre première étude a fait apparaître (fig. 1), pour la période 1990-1996, un *puissant essor de la publication scientifique marocaine* (doublement de la production indexée de 1990 à 1996 : de 242 à 510 publications par an dans Pascal) [Waast & Rossi, 2001]. Cet essor allait à contre sens du mouvement général enregistré sur le continent Africain. Tandis que les deux géants (l'Afrique du sud et l'Égypte) peinaient à maintenir leurs scores et perdaient des places dans l'arène de la compétition mondiale, le Maroc, à peu près ex aequo avec la Tunisie, se propulsait au premier rang des outsiders. Dans le même temps, le Nigeria, jadis troisième puissance scientifique africaine, perdait moitié de sa capacité contributive à la science mondiale ; et le Kenya progressait, mais à un rythme moindre que celui des pays du Maghreb. Quant aux autres pays africains, où la recherche traverse une profonde crise institutionnelle et professionnelle, même si grâce à des personnalités particulières ils ont

10. On prendra garde que le nombre des publications traitées n'est pas égal à la somme des « participations ». Il lui est inférieur, puisqu'un même article peut être attribué non pas à une mais à deux ou plusieurs institutions (auteurs, villes...). Dans les tableaux comparatifs inter villes (ou établissements) nous donnons pour mémoire, en colonne récapitulative, le nombre total de participations marocaines, et celui des publications correspondantes.



FIGURE 1  
Évolution de la production scientifique 1987-2001 : Maroc, Tunisie, Nigeria, Kenya, Algérie



Données : SCI. Traitement P.L. Rossi.

réussi à préserver quelques points forts, leurs scores globaux restent plus modestes [Arvanitis *et al.*, 2000].

L'avancée marocaine, considérable de 1987 à 1996, est d'autant plus surprenante qu'on ne saurait l'imputer à une politique de soutien nationale, alors inarticulée. Dans sa monographie de la science marocaine, Mina Kleiche [2001] fait ressortir le rôle de *figures fortes* aux origines de la construction de domaines scientifiques, et *d'institutions* qui développeront une culture de recherche (IAV, universités de Rabat, puis de Marrakech...). Elle montre la constitution de cénacles, puis l'enracinement dans des professions (médicale en particulier ; et parfois : ingénieurs). Elle tient aussi compte des *coopérations* assidues et fidèles entretenues avec la science mondiale, les premiers liens se nouant lors de la formation initiale (doctorat), puis s'entretenant grâce à des programmes bilatéraux de coopération (avec la France essentiellement, avec les États-Unis par éclipses).

Il faut ajouter qu'un facteur décisif a consisté dans la régulation de la profession d'enseignant chercheur, par *la soutenance de thèses* multiples exigées pour chaque changement de grade.

*Notre nouvelle étude* poursuit l'analyse, avec la même base Pascal, pour les années suivantes (1997-2001). Ce sont les années où *s'édifie une politique de recherche nationale* active et volontaire. Nous aurons ainsi la possibilité de comparer les résultats des deux périodes, et de commenter les progrès différentiels qui apparaissent.

**TABLEAU 1**  
Évolution de la production scientifique marocaine, 1996-2001  
Nombre de notices par année, enregistrées par la base Pascal

Années	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Production	510	598	948	1058	958	1 010

#### LA CROISSANCE SE CONFIRME (1997-2001)

Les données 1997-2001 *confirment la croissance* des années passées. D'après la base Pascal, le Maroc a *encore doublé* sa production dans cette courte période (passant de 510 à **1 010** références annuelles enregistrées).

Cette prouesse est exceptionnelle dans le monde. L'évolution reste à contre-sens de ce qui s'observe en Afrique. Le Maroc est un des rares pays à progresser. La chute du Nigeria et les difficultés du Kenya, liées à la crise générale de la science dans « l'Afrique du milieu », ne sont pas enrayées [Waast, 2003]. L'Égypte progresse lentement. La Tunisie connaît depuis 1997 un net rebond. C'est toutefois le Maroc qui a fait voir la plus forte progression, au long de la décennie écoulée.

*Le Maroc est désormais installé à la place de troisième producteur de science sur le continent*<sup>11</sup>.

Le *Science Citation Index*, bien qu'indécis en 1996, confirme désormais cette position sans conteste. La tendance est visualisée sur longue période dans la figure. Nous l'avons limitée au « peloton des poursuivants » des deux grands que restent l'Afrique du Sud et l'Égypte, pour l'heure inégalables (production double à triple de celle du premier poursuivant : le Maroc).

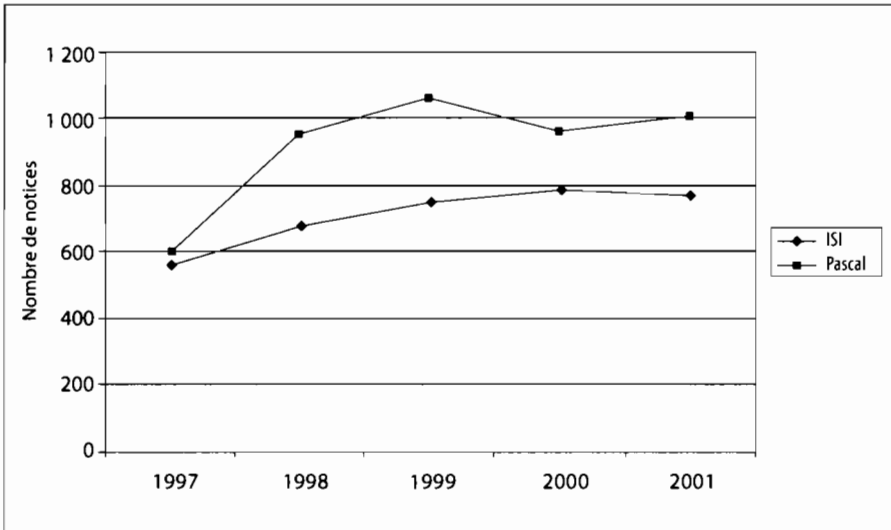
#### UN PALIER SEMBLE POURTANT EN VUE (2000-2001)

Les deux bases Pascal et SCI s'accordent toutefois pour enregistrer, ces deux dernières années (2000 et 2001), une inflexion de la croissance marocaine. Cette pause est représentée à la figure suivante (fig. 2). La tendance traduit un mouvement contradictoire, de poursuite de l'élan et de profonde réorganisation.

Nous en ferons l'analyse plus loin. Il s'agit moins d'un essoufflement que de la résultante de plusieurs tendances : diversification des sites, entrée dans de nouvelles spécialités, arrivée d'une nouvelle génération, restructurations et professionnalisation. Nous examinerons au préalable les points forts et les domaines de plus grande réussite de la science marocaine.

11. Derrière l'Afrique du sud et l'Égypte, pour l'heure hors de portée. Mais, associés, les trois pays du Maghreb approchent désormais de la capacité égyptienne.

**FIGURE 2**  
 Pause dans la croissance marocaine  
 Données comparées ISI et Pascal



Données : SCI. et Pascal. Traitement PL. Rossi.

### 3.3. Les domaines de la science marocaine : des fondements à la diversification

Nous entrons ici dans une *bibliométrie fine*, spécialement développée pour l'évaluation du système de recherche marocain. Nous examinerons les spécialités et les points forts du pays, en rapportant ses performances à **une centaine de sous disciplines**.

C'est ce que permet la base Pascal, qui assigne à *chaque article* dépouillé un code matière très détaillé (parfois plusieurs).

#### AUX ORIGINES : DE SOLIDES FONDATIONS EN SCIENCES DE BASE (1987-1996)

Nous avons examiné dans Pascal [Waast & Rossi, 2001] les domaines où se concentre l'effort de recherche dans la période considérée ; ceux où le Maroc détient une part remarquable de la production *africaine* ; et ce qu'on peut qualifier de points forts et faibles du pays (part détenue pondérée par l'effort). Le tableau suivant mesure la répartition des publications, par grands domaines et par comparaison avec d'autres régions ou pays.

La distribution est assez proche de celle prévalant dans le monde. Les sciences de base et de l'ingénieur comptent pour 50 % de la production, les sciences médicales pour 40 %, et les sciences agricoles pour environ 10 %. Le profil diffère de celui du reste de l'Afrique (hors Afrique du Sud), où sciences agricoles et médicales sont plus représentées.

**TABLEAU 2**  
Grands domaines de la production Marocaine (1987-1996)

*N.B. : les sciences sociales sont exclues de l'analyse*

En pourcentage des articles publiés	Sciences agricoles	Sciences médicales	Sciences de base	Sciences de l'ingénieur
<b>Maroc (1987-1996)</b>	<b>12 %</b>	<b>28 %</b>	<b>40 %</b>	<b>20 %</b>
Afrique du Nord	9 %	29 %	42 %	20 %
République d'Afrique du Sud	8 %	36 %	39 %	17 %
Autre Afrique anglophone	21 %	48 %	21 %	10 %
Autre Afrique francophone	15 %	63 %	19 %	3 %
AFRIQUE	12 %	39 %	37 %	12 %

Source : Pascal, Traitement R. Arvanitis.

Plus en détail, les sciences de base comprennent une part importante de mathématiques 12. Le reste se partage à parts à peu près égales entre Physique, Chimie, Géosciences et Biologie de base. Les sciences médicales comportent relativement peu de biologie<sup>13</sup>.

Pour information, les autres pays d'Afrique du Nord offrent à cette époque des profils ressemblants, mais avec nuances. L'Égypte montre une concentration considérable de ses recherches en *chimie*, ainsi qu'en sciences de *l'ingénieur*, où elle excelle et détient la première place sur le continent. L'Algérie a pour principal point fort la physique (même si elle figure au tableau pour les sciences de l'ingénieur, et la chimie à moindre degré). La Tunisie compte dans la production continentale pour les sciences de base, mais aussi pour la recherche clinique.

Mais le plus intéressant apparaît quand on s'attache aux *sous-domaines* où le Maroc se distingue. Le tableau 3 résume ceux où se concentre l'effort, avec souvent pour résultat des parts notables de la production africaine (points forts)<sup>14</sup>.

Il faut interpréter ce tableau avec précautions. Ce n'est pas parce que l'effort se concentre dans un sous domaine que la part de production continentale est exceptionnelle. Si les autres pays Africains ont la même orientation, et plus de production dans le domaine, c'est à eux que peut revenir le « point fort ».

Le trait majeur est que l'effort se concentre sur les sciences de base, et plus précisément sur leurs sous domaines fondamentaux (botanique, géologie de

12. 3 % de toutes les références marocaines, soit bien plus qu'observé dans le reste du monde, et deux fois plus qu'en Afrique.

13. Un tiers de biologie pour deux tiers de médecine clinique, au lieu de parts égales en Afrique sud-saharienne.

14. Ces « points forts » sont en fait des indices de spécialisation : part africaine du Maroc en un sous-domaine, comparée à celle du Maroc en toutes sciences.

**TABEAU 3**  
Concentration des travaux et points forts de la science marocaine (1987-1996)

Grands domaines	Concentration	Points forts	Points faibles
Agriculture et biologie non médicale	Élevage Agronomie Botanique	<b>Élevage, médecine véto</b>  Bio et Zoo marines	
MÉDECINE CLINIQUE	Médecine interne <b>Neurologie</b> <b>Radiologie</b>	<b>Neurologie</b> Radio et méd nucléaire <b>Cardiologie</b>	Santé publique  Maladies infectieuses
BIOLOGIE MÉDICALE	Microbiologie Physiologie		
GÉOSCIENCES	Géologie de base Océanographie Géophysique	Géologie	
PHYSIQUE	Physique Générale <b>Physique nucléaire</b> Physique du solide <b>Acoustique</b>	<b>Physique générale</b>	
CHIMIE	Chimie générale Chimie physique	<b>Chimie générale</b> <b>Chimie physique</b> Chimie organique	
MATH	Tous sous domaines	<b>Tous sous domaines</b>	
SCIENCES DE L'INGÉNIEUR	Métallurgie Matériaux  Électricité, électronique	<b>Métallurgie</b> Matériaux Génie nucléaire Génie civil	Génie général informatique

**Concentration** = sous-domaines pesant au Maroc plus de 15 % de la production du grand domaine. Elle est portée en gras s'il s'agit d'une singularité en Afrique. **Points forts** : part de production Africaine dans le sous domaine au moins deux fois supérieure à la part habituelle du Maroc pour l'ensemble des disciplines. Cet indicateur est construit compte tenu de la concentration des efforts (Marocains, et Africains).

Source Pascal. Traitement Waast et Rossi [2001].

base, physique et chimie générales, mathématiques...). Des succès marqués et des *points forts* s'attachent à ces sous domaines (même quand ils ne font pas l'objet d'une concentration particulière de travaux : zoologie, biologie marine, et tous compartiments des *mathématiques*).

Dans les autres domaines, moins développés, la situation est plus aléatoire. En sciences médicales de grands succès (neurologie, radiologie) s'organisent autour de figures de proue. En sciences agricoles, l'élevage s'affirme tôt comme la plus marquante des spécialités<sup>15</sup>. En sciences de l'ingénieur, les bons résul-

15. L'agronomie a une valeur reconnue, mais pas plus que celle d'autres pays Africains très spécialisés (Nigeria, Ghana, Égypte) ou très puissants (Afrique du Sud).

tats en matériaux et en métallurgie traduisent logiquement la force de la physico-chimie. La position favorable des génies civil et nucléaire tient au dynamisme d'établissements qui leur sont dédiés.

À ce point du temps, la science Marocaine est donc *à la fois forte et « incomplète »*. Cela n'est ni surprenant, ni inquiétant. Avec des forces et des moyens limités, il est naturel que s'opèrent des choix. L'important est que dans ces commencements s'est constituée *une forte capacité de base, qui pourra se décliner par la suite en spécialisations fines*. Notre étude des années 1997-2001 s'efforce de le vérifier, grâce à un codage détaillé des sous domaines.

#### 1997-2001 : CROISSANCE ET DIVERSIFICATION

Nous avons précédemment indiqué que la croissance scientifique du Maroc s'est confirmée dans la période. Il est intéressant d'analyser ses composantes.

##### *a) La croissance s'appuie sur les fortes compétences de base, précédemment installées*

Dès les années 1991-1996, le Maroc avait conquis une solide place de troisième africain en mathématiques, en physique et en chimie de base. En chimie générale, il devance même l'Afrique du Sud ; et l'Égypte en physique des particules. En mathématiques générales, il fait jeu égal avec ce dernier pays. Il prend dans ces trois sous domaines la deuxième place africaine.

Nous avons indiqué d'autres points de qualité, où l'écart avec les deux « grands » d'Afrique n'est pas considérable. C'est par exemple le cas en sciences biologiques (botanique, zoologie, physiologie animale), en sciences de la terre (géologie), en sciences de l'ingénieur (matériaux, métallurgie).

Les résultats de 1997-2001 montrent que ce socle tient bien. La mathématique accroît ses scores ; la physique générale et la chimie de base progressent. Les sciences de la terre restent stables : mais la géologie générale a toujours de bons résultats. En biologie, les progrès sont sensibles : ils concernent la biologie fondamentale au même titre que ses applications ; ils s'appuient sur les points forts du passé (zoologie et physiologie animales, qui font encore un bond en avant), avec de nouveaux développements (dans le domaine du végétal cette fois)<sup>16</sup>.

Le nombre d'auteurs enregistrés s'accroît fortement, plus en domaines appliqués que dans la recherche fondamentale.

##### *b) Les compétences se différencient*

C'est sur ce socle que s'est bâti un deuxième essor : celui des années 1997-2001. Le choix des sujets de recherche évolue. L'acoustique s'applique aux études marines ; l'algèbre à l'épidémiologie ; la mécanique des fluides aux problèmes de pollution ; la métallurgie s'intéresse à l'agriculture (corrosion). De nouvelles

16. La capacité en biologie moléculaire et en biochimie demande confirmation.

**TABLEAU 4**  
 Nombre de signatures d'articles par grand domaine : sciences de base et sciences appliquées  
 Maroc : 1991-1996 et 1997-2001

DOMAINES	Fondamental		Appliqué	
	1991-1996	1997-2001	1991-1996	1997-2001
Math	88	149	21	107
Physique	350	638	104	441
Chimie	88	159	14	85
Ingénieur			359	778
Biologie non médicale	180	192	299	658
dont sciences agricoles			259	493
Terre	256	238	243	292
dont géologie	103	123	180	191
TOTAL	962	1 376	1 040	2 361

Source Pascal. Traitement PL. Rossi.

spécialités sont en train de se développer. Les techniques de l'information et de la communication progressent (à Rabat, Fès, Casablanca). En physique, des sous disciplines prennent leur essor (semi-conducteurs, supra conductivité...). La capacité en biotechnologies (moitié pour l'agriculture, et beaucoup pour l'environnement) a quelques foyers majeurs (Marrakech est le principal). Les domaines de l'eau, de la pollution, du génie énergétique, avec la variété de disciplines qu'ils impliquent, ont connu une extension particulièrement notable.

Avec moins de détails, le SCI confirme ces tendances. Dans une étude qui vient d'être publiée [OST, 2006], l'Observatoire français des sciences et des techniques examine au moyen de cette base l'évolution des performances marocaines dans 36 sous domaines. Il note, de 1996 à 2001, un bond en avant dans la part mondiale de publications :

- globalement (multiplication par 2) ;
- en physique fondamentale et en mathématiques (multiplication par 2,5) ; à moindre titre en chimie (+ 70 %)
- et surtout dans les domaines de recherche appliquée : optique-électronique-signal (× 3) ; écologie-environnement (× 2,5) ; informatique (× 2,5) ; physique appliquée, génie chimique, génie mécanique, matériaux- métallurgie (× 2).

On peut aussi noter que, d'après le SCI, les articles marocains qui ont le plus « *d'impact* » dans le monde relèvent désormais des sciences de l'ingénieur.

**TABLEAU 5**  
**Nombre de signatures d'articles par ville : 1991-1996 et 1997-2001**

Nombre de signatures	Agadir	Casa	Fes	Jadida	Kenitra	Makch	Meknes	Oujda	Rabat	Tetouan Tanger	Divers	Nombre de références	Nombre Particip.
1991-1996	76	204	95	59	61	394	90	64	836	60	61	1530	2002
1997-2001	225	406	347	225	232	642	278	155	954	115	158	2972	3737
Coefficient multiplicateur	3	2	3,7	3,8	3,8	1,6	3	2,4	1,1	1,9	2,6	1,9	1,9

Source Pascal. Traitement PL Rossi.

Viennent ensuite ceux de mathématiques et d'écologie-environnement ; puis de physique et de chimie (avantage aux sous domaines appliqués).

Ces résultats confirment la différenciation récente de la science marocaine. Les compétences de base ne sont pas pour autant abandonnées. Les recherches dans les domaines « généraux » irriguent un enseignement universitaire dont nul ne dispute la qualité. C'est sur ce socle que s'édifient, avec succès, les sous-domaines pointus<sup>17</sup>.

### **3.4. Redéploiement des lieux de production**

Le redéploiement des thèmes s'appuie au Maroc sur celui des lieux de production. C'est ce que révèle la bibliométrie fine (établissements et sites où sont produits les articles).

#### **LES SITES DE PRODUCTION SE DIVERSIFIENT**

Un élément très nouveau tient à la montée en puissance des villes universitaires de province.

Les villes de Meknès et d'Agadir, mais surtout de *Fès*, *El-Jadida*, *Kenitra* sont celles dont la production a le plus augmenté (multiplication par 3 et plus). Oujda, et les nouveaux sites de faculté des sciences et techniques (Errachidia, Mohammadia, Settat...) viennent ensuite (multiplication par 2 à 3). Les villes de grande tradition scientifique connaissent une progression plus limitée (Casablanca, Marrakech), ou à peine sensible (Rabat).

La croissance en province prend la forme de spécialités affirmées, en de nouveaux lieux. On peut s'en faire idée, grâce au tableau 6. Il s'agit d'un extrait de la table identifiant les sites majeurs et les principaux laboratoires du pays. Les universités de Casablanca, Marrakech et Rabat ont été exclues de la représentation. C'est à elles qu'appartiennent souvent les premières places. Néanmoins, *dans un certain nombre de spécialités, d'autres villes font désormais jeu égal*, voire meilleur : elles sont devenues sites nationaux de rang 1 ou 2.

17. Les experts européens qui ont visité les laboratoires soulignent ce point.



**TABEAU 6**  
Principaux sites et laboratoires du pays. 1997-2001. Quelques villes et domaines

Total Maroc	Domaines	Agadir	Fes	Jadida	Kenitra	Meknès	Oujda	Tetouan Tanger	Divers
121	Math générales		8	5	8	6	10	3	12
75	Instruments, théorie	6	4	5	2	1	10	3	1
40	Optique, acoustique magnétisme	17 LJM	3	8		1	2		2
199	Cristallographie	1	16	20 PCM	18 Ipmc	15	4	7	7
102	Solide : mécanique therm.	13	4	2	12	20	1	1	2
58	Semi-conducteurs	2	23 LPS	3		5	11		3
19	supraconductivité	10	1	4		3			1
202	Solide : élec et magnét.	15 LPS	32 lcp	10 lmc	5	28		1	6
80	Spectroscopie	14	9	3	4	4	1	1	2
111	Science des matériaux	13 LTM	9	4	13	6	5		1
74	Chimie : théorie phases et catalys.	9	2	12 cpc & cca	1	8	1	2	1
43	Électrochim, induction.	10 lcp		1	6	3		2	2
70	Chimie physique (surface, colloïdes)	1	14 EST	7	5	5	3	7	8
30	Chimie minérale	1	9 LCM	2		2	1		4
28	Logiciel	1	7			1	4	1	2
78	IA, automatique		11 lessi	5	1	2	5	1	1
60	Électronique		6	9	2	4	3	4	8 Erchd
34	Télécom.		12 lessi	1	1	5	3	1	
119	Génie chimique	5	11	1	15	10	9	10	5
93	Métallurgie	9 LTM	2	8	9	5	9	2	1
183	Hydraulique, pollution, assainissement	6	20	10	15	8	1	3	8
101	Hydrologie		3	3	10	2	4	3	1
82	Sols (pédologie)	1	5	11	6	6	3	2	2
86	Industrie agroalimentaire	2	1	5	7	6	5		3
67	Écologie végétale et animale	2	14	3	3	1	6	3	
37	Botanique, physiologie végétale	4	1	1	2	2		4	1
72	Zoo et physio animale	1	10	7	4	4	1	1	3
68	Géochimie		2	5	10	4	2	1	3
351	Géologie	18	18	11	11	27	24	15	4

Source: Pascal. Traitement PL. Rossi.

Troisième site national  
 Deuxième site national  
 Premier site national

*Meknès* fait ainsi jeu égal avec Rabat et Casablanca en physique du solide. *Fès* s'est spécialisé avec bonheur dans les semi-conducteurs. C'est aussi un étonnant premier en informatique, automatique, télécommunications<sup>18</sup>. Sans prétendre aux toutes premières places, *Oujda* figure en bonne position dans une variété de branches de la physique et des mathématiques. *Jadida* est devenu deuxième site national en cristallographie, branche importante où le Maroc excelle<sup>19</sup>. Mais c'est aussi un site essentiel pour toutes sortes de sciences de la mer. *Kenitra* a développé un pôle « eau » majeur, multidisciplinaire, autour duquel se concentrent des activités de géosciences, de sciences agricoles, de physique et de mathématiques.

#### LES FOYERS DE DYNAMISME INSTITUTIONNELS SE DÉPLACENT

L'inégale progression des villes s'explique (en partie) par le dynamisme variable des institutions qu'elles abritent.

##### a) *Le repli d'institutions bien établies*

Sur ce plan, la principale surprise vient de *l'apparent repli de quelques institutions prestigieuses* (tableau 7).

Il s'agit notamment d'Écoles à la réputation établie.

À l'École normale supérieure de Takkadoum (Rabat), la régression touche particulièrement la physique et les sciences de l'ingénieur ; tandis que se maintiennent la chimie et les mathématiques.

L'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (IAV) reste le 1<sup>er</sup> ou le 2<sup>e</sup> site de compétence nationale en agroalimentaire, en conduite des cultures, en médecine vétérinaire, en protection des plantes et en pédologie. Néanmoins un recul (en nombre de publications, et en position nationale) se fait jour en plusieurs domaines (biologie de base, agriculture, et même dans les biotechnologies – dont l'Institut fut un pionnier). Sont épargnés l'élevage, et les disciplines liées au soin de l'environnement.

L'interprétation de ces cas particuliers reste à faire. Faut-il invoquer le changement de mission et de vocation des écoles normales ? Observe-t-on à l'IAV un passage à l'expertise et à la recherche développement, qui se prêtent moins à publications ? Il reste aux experts d'en traiter. L'évolution est en tous cas mesurable, au sein d'une même base de données dont la méthode ne varie pas.

##### b) *L'inégal progrès des universités*





Parallèlement, on note que *les universités de grande tradition progressent plus lentement* que les nouvelles venues. Rabat reste stable en chimie, en mathématiques, et recule en biologie et sciences de la Terre. Marrakech et Casablanca reculent en sciences de l'ingénieur.

18. Grâce au laboratoire LESSI, qu'abrite un établissement inattendu : l'EST, École de Sciences et Techniques, en principe vouée à l'enseignement technologique de base.

19. Le premier site se trouve à Rabat et Marrakech (ex aequo).

**TABLEAU 7**  
Principaux progrès au cours de la décennie, par sites et domaines  
*Comparaison des performances 1991-1996 et 1997-2001*

	Maths	Physique	Chimie	Ingénierie	Agriculture	Eau, élevage	Biologie	Terre
Écoles diverses	9 1	27 5	19 1	46 12	20 9	23 20	5 4	11 10
EMI	8 1	19 14	7 4	33 6	6 0	39 31	2 0	3 0
ENS	17 14	45 72	10 10	27 49	2 1	12 10	1 3	5 20
IAV	0 1	0	0	25 26	42 58	18 18	11 47	15 3
INRA	0	0	0	0	41 31	4 1	3 0	0
Instituts divers	4 0	1 0	1 0	10 2	14 9	11 4	17 7	31 12
LPEE	0	0	0	3 1	1	8 4	2	18 10
Offices	0	0	0	11 3	9 2	31 16	7 2	34 19
Récap NON univ	38 17	93 91	37 17	157 99	135 110	146 104	49 63	117 74
Récap Univ	218							
U Rabat	33 30	177 104	20 13	81 45	42 11	18 17	22 27	45 55
U Casa	23 17	144 79	20 9	46 58	13 1	18 10	24 15	24 10
U Marrakech	69 38	133 70	29 23	97 107	73 25	45 35	61 48	81 96
U Agadir	1 4	48 27	24 8	24 10	20 8	10 3	10 9	28 7
U Fes	36 7	31 27	26 5	59 7	9 6	12 15	27 8	22 25
U Jadida	7 4	75 12	22 8	34 11	24 10	14 8	17 4	18 12
U Kenitra	18 1	63 9	13 5	38 13	19 17	26 8	10 5	25 14
U Meknes	9 2	93 10	19 15	35 3	21 8	12 6	11 9	32 20
U Oujda	14 2	40 1	8 3	34 7	4 2	5 4	11 21	31 24
U Tetou-Tangr	8 9	37 7	11 7	29 7	4 2	6 0	10 9	19 6
U divers	21 2	45 7	20 3	31 7	13 2	10 0	11 1	6

	Progrès très rapide
	Progrès rapide
	Progrès appréciable
	Recul

Dans chaque case:  
- à gauche : performance 1997-2001  
- à droite : performance 1991-1996

Certes ces établissements demeurent, en nombre de sous domaines, des pôles productifs actifs et parfois majeurs<sup>20</sup>. En outre, ils partent souvent de scores de publication notables, qui ne peuvent croître comme au temps des origines.

On doit néanmoins porter attention à ces replis, observables pour la première fois. Ils entrent en ligne de compte dans la « pause » récente de la croissance marocaine (précisément parce qu'ils concernent des producteurs importants).

### *c) Le dynamisme de plusieurs écoles ou établissements publics*

À l'opposé, *plusieurs écoles* font preuve d'un dynamisme significatif. Au premier rang, l'École Mohammedia des ingénieurs (surtout en maths, en informatique et télécommunications, et autres sciences de l'ingénieur). Mais aussi l'École d'informatique de Rabat (ENSIAS), l'École nationale d'agriculture de Meknès, l'École des mines de Rabat (où une équipe a mobilisé un consortium international pour réaliser avec elle plusieurs feuillets de la carte géologique du pays). Enfin, l'une des écoles les plus remarquables en recherche est depuis peu l'Institut national des postes et télécommunications (INPT), leader dans son domaine<sup>21</sup>.

Divers *Établissements publics* font aussi de grands progrès en agriculture (INRA : amélioration des plantes), dans les sciences de la Terre et dans celles de l'ingénieur (LPEE : Eaux, sols).

Bien qu'il s'agisse souvent de producteurs modestes de science « certifiée » (publiée par les grandes revues), ces instituts développent de fortes compétences, connues des utilisateurs de science appliquée, et qui s'expriment dans des organes professionnels parfois bien répertoriés.

### *d) La montée en puissance des jeunes universités*

Néanmoins à l'évidence, ce sont les universités les plus jeunes qui se déploient le plus vivement.

20. **Marrakech** par exemple a fait un bond en avant en sciences agricoles et en biotechnologies. Cette université demeure le pôle majeur du pays en ce qui concerne l'eau et l'environnement (avec Kenitra) ; et l'un des principaux en sciences agricoles et en chimie des substances naturelles. C'est aussi la « capitale » des mathématiques. **Rabat** reste un haut lieu de cette discipline. Cette université affiche aussi de nets progrès en physique, en sciences de l'ingénieur, et surtout en biologie applicable à l'agriculture. **Casablanca** n'est pas en reste, notamment en physique et chimie.

21. Aux dires des experts l'ENSIAS s'en tient à un (bon) enseignement. L'école a quelques excellents chercheurs, qu'elle soutient malheureusement peu. L'INPT a aussi un très bon cursus, mais l'orientation recherche y est beaucoup plus marquée. Celle ci contribue sans doute fort à la réputation internationale de cette École, dont plus du tiers des promotions est pré-recruté, avant sortie, par des entreprises étrangères.

C'est le cas de *Fès* en mathématiques et en nouvelles technologies (information, communication, signal), en chimie physique et même en biotechnologies. *Agadir* a développé d'importantes capacités dans le domaine de l'agriculture ; mais aussi de fortes spécialités en acoustique, en supraconductivité, en électrochimie et en métallurgie. *Jadida et Meknès* ont multiplié leurs capacités en physique, chacune avec ses domaines forts ; *Jadida* est en outre le nouveau pôle des sciences universitaires de la mer. *Kenitra* montre une véritable stratégie de recherches (multidisciplinarité autour des questions de l'eau). *Oujda* se signale en mathématiques, en physique atmosphérique et en semi-conducteurs.

Il vaut de noter que les facultés de sciences et techniques (à Casablanca, Tanger, Fès, Settat et Mohammadia...), en principe tournées vers des cursus plus courts et appliqués, sont loin d'être en reste par rapport aux classiques facultés de sciences. Les enseignants chercheurs y font souvent preuve d'une grande initiative, et d'une forte volonté de publier. On trouve ces mêmes dispositions dans certains instituts de technologie (celui de Fès comptant parmi les leaders nationaux dans plusieurs sous domaines – dont le traitement du signal).

Cette rapide énumération est loin de rendre justice à l'explosion de recherches, et à la variété d'innovations qui voient le jour dans les jeunes universités.

La dynamique des jeunes universités tient souvent à la gouvernance de ces institutions. Elle repose aussi sur les normes professionnelles qui y prévalent. En plusieurs sites se rencontrent des phalanstères de jeunes chercheurs, qui ont quitté les métropoles en espérant plus de latitude. Ils n'ont pas d'autre ambition que de réussir dans et par la recherche, en respectant ses standards<sup>22</sup>. Même s'ils ne constituent pas la majorité des enseignants chercheurs, ils sont assez nombreux dans chaque Faculté, et formés en « communauté », pour imposer un « style » vite prospère, pourvu que la direction de l'établissement s'y montre bienveillante.

Pour conclure, *la géographie scientifique du pays est beaucoup plus éclatée* que par le passé : y compris au sein de chaque discipline ou domaine. Ce redéploiement a favorisé l'imagination dans les choix thématiques.

Mais il n'ira pas sans poser des problèmes de masse critique, d'équipement partagé, de coopération et de coordination.

22. Ils ont sans doute moins l'opportunité (ou la tentation) qu'à la capitale et en grandes métropoles de se louer comme experts, ou d'accéder à des fonctions de conseil et de direction auprès de grands organismes publics. Ils tirent plutôt fierté d'exercer leur métier avec professionnalisme.

23. Le tout nouveau Secrétariat d'État à la Recherche (puis ministère délégué) a réalisé un intense travail législatif, d'organisation et de promotion de l'activité à l'échelle du pays.

### 3.5. De l'âge des pionniers à celui de la professionnalisation

Dans les commencements, il faut évidemment prêter une attention particulière aux personnes. L'activité scientifique demeure un choix individuel, une vocation, même si ses institutions commencent aujourd'hui à se mettre en place<sup>23</sup>.

Nous avons donc poussé l'investigation bibliométrique jusqu'à *l'analyse détaillée des auteurs*. Les résultats suggèrent que les turbulences, que traverse aujourd'hui la recherche Marocaine, tiennent pour partie à la recomposition de la communauté scientifique.

#### UNE GÉNÉRATION D'AUTEURS PASSE LE FLAMBEAU

On sait que la production scientifique (au Maroc comme partout) est très concentrée. Plus de moitié des auteurs repérés par les bases de données sont signataires d'un seul article en 4 ou 5 ans ; et beaucoup s'en tiendront là. Car, s'ils ont été associés à des recherches durant leur formation, ils ne feront pas carrière dans cette activité.

À l'opposé, 5 % des auteurs sont responsables (selon les disciplines) de 15 à 25 % des signatures d'articles ; et 15 % des auteurs cosignent à eux seuls de 35 à 60 % des articles. Ces « grands producteurs » ne sont pas seulement les principaux porteurs du savoir scientifique. Ils en sont aussi les grands « colporteurs » : ceux qui le diffusent à des élèves et disciples, qui l'adaptent à des clients, et qui l'actualisent en coopérant avec des pairs mondiaux, stimulants mais exigeants.

Ces personnes ont un rôle important. La pratique de la recherche, en ses débuts, repose souvent sur des personnalités charismatiques ; le passage à une pratique plus nombreuse et organisée peut être délicat. Les pionniers ont fondé les milieux de spécialistes. Ils servent de guide aux jeunes chercheurs. Ils impriment un « style » à la discipline (choix des problèmes d'intérêt, méthodes pour en traiter, curiosité pour les applications). Les normes de la profession (ethos, standards, arènes de compétition...) en découlent souvent.

Or au Maroc, il semble qu'aujourd'hui la première génération de ces férus de science soit en passe de céder la place à une autre. On peut le saisir en comparant diverses listes.

– La première est celle des auteurs les plus productifs des années 1991-1996, identifiés par la base Pascal. On observera dans quelle mesure ils restent des contributeurs majeurs, d'après la même base, au cours des années suivantes (1997-2001).

– Une autre comparaison consiste à voir ce que deviennent aujourd'hui les auteurs sélectionnés sur le long terme (1987-2000) par une autre base (le SCI).

Il n'est pas facile de synthétiser ces données, très personnalisées. Retenons cependant les résultats suivants : d'abord concernant **les retraits** de la recherche.

a) Nous avons identifié les « *grands publiants* » *retenus par l'ISI* (au moins 15 publications indexées par la base depuis 15 ans). Nous avons ensuite examiné l'évolution de leurs publications de 5 ans en 5 ans d'après Pascal (qui les connaît aussi). On peut distinguer 4 profils : constance, montée en production, retrait progressif et retrait radical.

– **Le retrait progressif** : il concerne 10 auteurs aux scores impressionnants (de 40 à 95 articles indexés par le SCI). Leur activité diminue d'environ moitié tous les 5 ans depuis 1990. On peut penser que, pris par d'autres tâches, ils se retirent progressivement et irréversiblement du métier. Ce retrait traduit le *mouvement normal* d'avancée en âge ou dans la carrière, qui éloigne peu à peu les chercheurs de la production directe. Même s'ils restent de bon conseil, et d'utile intermédiation, encore faut-il *qu'une relève se présente* dans la discipline.

Sept de ces chercheurs appartiennent à l'Université Mohamed V, tous en physique du solide. On peut donc dire que c'est « l'École de Rabat » en cette discipline, qui entame une transition délicate. Deux autres chercheurs sont de Marrakech, et un de Casablanca

– **Le retrait radical** : c'est celui de 35 auteurs identifiés par le SCI qui, depuis cinq ans, ne semblent plus du tout actifs en recherche (données Pascal).

Vingt d'entre eux sont encore de Rabat. Cela reflète l'ancienneté de cette université, et de sa tradition de recherche ; mais aussi le *retrait important de figures de référence*, auquel elle est aujourd'hui confrontée.

Aux 35 auteurs identifiés par le SCI, nous en avons ajouté 7 autres, identifiés par la seule base Pascal. Fort productifs dans la période 1991-1996, ils ont disparu par la suite (1997-2001).

Ils appartiennent principalement à l'IAV et à l'ENS Rabat : deux Ecoles dont nous avons vu que la contribution est en baisse dans plusieurs domaines. Il faut y voir sans doute un problème de profession (absorptions par l'expertise, les fonctions de direction, le passage à l'action).

Le phénomène ne serait pas inquiétant (il assure au contraire un transfert d'expertise, au moins au départ) s'il n'affectait systématiquement quelques institutions où la relève ne semble pas assurée. Le problème d'incitations pratiques, susceptibles de retenir à la recherche un temps suffisant ses personnalités majeures est donc posé de façon pressante.

L'ensemble de ces retraits correspond à un déficit d'encadrement, ventilé comme indiqué au tableau 8.

#### QUELLE RELÈVE ?

– Fort heureusement, tous les grands publiants ne se retirent pas. Preuve qu'existent de véritables vocations de recherche, nombre d'entre eux *persistent dans leur activité*. Trente auteurs identifiés par le SCI sont dans ce cas. Ils maintiennent leur production, à niveau élevé.

**TABLEAU 8**  
Déficit d'encadrement lié au retrait de « grands publiants »,  
par villes (1997-2001)

	Agadir	Casa	Fès	Jadida	Kenitra	Makch	Meknès	Oujda	Rabat	Tet. Tan	Divers	Total
Retrait radical		1	3	1		8	1	2	26			42
Retrait progressif		1				2			7			10
Déficit encadrement		2	3	1		10	1	2	33			52

Source Pascal. Traitement R. Waast.

Deux tiers d'entre eux sont dans les Universités « historiques » (Rabat, Casablanca, Marrakech). Les autres se sont répartis en diverses provinces.

– En outre, il est possible d'identifier de « *grands entrants* » dans la production. Observés dans le SCI sur 15 ans, leurs scores sont plus modestes que ceux des précédents. C'est qu'ils sont jeunes dans la carrière. Ils se signalent parce qu'ils font preuve d'une montée en production régulière (observée dans Pascal au cours des 5 à 10 dernières années). On compte 43 auteurs dans ce cas.

Ces auteurs sont presque tous dans des Universités de province, et leurs spécialités rendent bien compte des avancées de ces établissements.

Les résultats sont résumés dans le tableau 9.

**TABLEAU 9**  
Redistribution de l'encadrement par de « grands publiants », répartition géographique (1997-2001)

	Agadir	Casa	Fès	Jadida	Kenitr	Mkch	Mkns	Oujda	Rabat	TetTa	Divers	Total
Grands Persistants	1	5	1		2	6	1	2	12			30
Grands entrants	4	3	7	3	3	11	5	2	3	1	1	43
Dont : en <b>forte</b> montée de production	3	1	2	2	1	5	5	2	0			21
Total grands encadreurs	5	8	8	3	5	17	6	4	15	1	1	73

Source Pascal. Traitement R. Waast.

– Enfin, nous avons cherché à cerner *la relève*. Nous avons réexaminé les données enregistrées par Pascal en 1991-1996 et en 1997-2001. Nous avons retenu les auteurs (invisibles dans le SCI sur 15 ans), qui ne figuraient pas dans les listes Pascal au début de la décennie, mais dont cette base fait état aujourd'hui. Nous avons retenu ceux dont la production moyenne est d'une publication par an au cours des 5 dernières années. *175 nouveaux auteurs* sont dans ce cas. Il s'agit bien de la relève espérée, répartie par villes comme au tableau 10.



**TABLEAU 10**  
Nouveaux entrants dans la production scientifique, par villes (1997-2001)

	Agadir	Casa	Fès	Jadida	Kenitra	Mkch	Meknès	Oujda	Rabat	TetTa	Divers	Total
Entrants	23	20	15	12	8	29	9	5	46	3	5	175

Source Pascal. Traitement R. Waast.

Pour récapituler, on peut dresser un dernier tableau (tableau 11).

**TABLEAU 11**  
Évolution des ressources humaines, par villes (1997-2001)

	Agadir	Casa	Fès	Jadida	Kenitr	Mkch	Mkns	Oujda	Rabat	TetTa	Divers	Total
Retraits		2	3	1		10	1	2	33			52
Grands encadreurs	5	8	8	3	5	17	6	4	15	1	1	73
Nouveaux Entrants	23	20	15	12	8	29	9	5	46	3	5	175

Source Pascal. Traitement R. Waast.

La transition de génération sera sans doute délicate à Rabat, où l'encadrement assuré par les figures fondatrices diminue, sans que se manifestent beaucoup de grands entrants. Ce sont bien les jeunes universités provinciales qui bénéficient du solde de cadres le plus encourageant (donc d'un potentiel de progression).

Il faut y ajouter l'université de Marrakech, qui suscite un grand nombre d'entrants : résultat d'un soutien à la recherche jamais démenti. L'université peut espérer de la sorte pallier les difficultés du passage de flambeau.

Certaines universités sont plus attractives que d'autres (ou plus favorables à la recherche).

Les petites universités sont fragiles, lors du passage de témoin en certaines disciplines (la production y repose plus sur un nombre restreint de figures)<sup>24</sup>.

#### L'AUTONOMISATION DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

L'élargissement du nombre d'auteurs réguliers témoigne d'un *souci de professionnalisation*. La participation à des programmes de coopération internationaux a répandu aussi de nouvelles normes. Elle a fait connaître l'intérêt de participer d'un milieu stimulant, mais durement compétitif.

La communauté scientifique Marocaine est loin toutefois d'être dépendante de ses relations avec l'étranger. Elle en tire plutôt le parti nécessaire. L'examen

24. Oujda et Tétouan sont dans ce cas. La question ne se pose pas aux très jeunes universités.

des co-signatures d'articles montre l'existence de réseaux *intra-marocains* étendus : notamment entre jeunes universités, et dans les disciplines de base.

Les stratégies de publication sont instructives.

D'après la base bibliographique ISI, les auteurs co-publient considérablement avec des étrangers. Mais cette base a un biais anglophone, et quelque myopie vis-à-vis des médias locaux. La base Pascal trouve des résultats bien différents.

Dans les revues francophones, et spécialement dans les Journaux marocains ou régionaux (quand ils existent), les nationaux publient seuls. Ils en ont les moyens, et maîtrisent les standards. Ils publient aussi en arabe (quoiqu'à moindre degré : mais les médias spécialisés sont rares). Pour s'introduire en d'autres zones linguistiques, ils activent leurs réseaux internationaux : preuve qu'ils en ont.

La *morphologie de ces divers réseaux* (nationaux, internationaux) reste à inventorier.

Il faut admettre cependant que, s'il y existe une aspiration, du chemin reste à faire pour que se forgent de véritables communautés de discipline. Certes, les relations locales se densifient ; les associations par domaine sont nombreuses ; elles parviennent, avec de maigres soutiens, à tenir régulièrement colloques sur des thèmes pointus, à éditer les actes, à entretenir parfois un Journal. Néanmoins, les travaux restent souvent subordonnés à des financements et à des facilités extérieurs (documentation, équipement, information sur les programmes internationaux...). Les relations personnelles à l'étranger priment parfois (et par nécessité) les relations internes aux équipes (ou inter équipes). En résulte une sous-traitance qui a ses vertus, mais qui n'est pas toujours maîtrisée. Les experts qui ont visité les laboratoires y ont beaucoup insisté. Ils ont suggéré des pistes ; mais c'est évidemment aux chercheurs d'élaborer des stratégies de recherche autonomes et heuristiques ; et à la communauté de montrer assez de cohésion pour les promouvoir auprès des décideurs. Ces considérations échappent toutefois à la bibliométrie.

### **3.6. Le cas particulier des sciences médicales**

La situation en médecine diffère de celle prévalant en d'autres disciplines.

#### **LE VOLUME DE LA PRODUCTION EST DISCUTÉ**

Le SCI crédite les sciences médicales d'environ 20 % de la production totale de science au Maroc. Cette base ne retient qu'une vingtaine d'auteurs aux scores significatifs depuis 15 ans (contre 120 noms pour l'ensemble des autres sciences). Pascal enregistre au contraire, au cours des seules dernières 5 années, quelque 140 « grands publiants » et une production considérable (33 % des références indexées).

Cette divergence reflète une particularité du domaine. Les chercheurs marocains en sciences médicales ont plusieurs scènes d'expression, et *des stratégies*

*diverses de publication*. Celles-ci peuvent être mondiales, mais se focalisent volontiers sur le voisinage (l'Europe, la région, le pays). Elles trouvent à s'exprimer dans une variété de revues francophones, notamment de transfert aux praticiens de la connaissance *clinique*. Pascal les dépouille, et le SCI non <sup>25</sup>.

**TABLEAU 12**  
Points forts en sciences médicales (1991-1996)

	Cliniques	Neuro	Radio	Cardio	Néphro	Bio-Méd	Bio Phy	Cyto-Hist	Pharmaco
Part du Maroc dans la production Africaine	2 %	15,9 %	13,5 %	6,6 %	4,5 %	3 %	10,0 %	6,0 %	4,4 %
Rang en Afrique	10 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	8 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>

Source : SCI. Traitement Narvaez.

Nous avons par la suite utilisé les deux bases de données. Malgré la différence de méthode, les deux bases s'accordent sur l'essentiel.

**TABLEAU 13**  
Sous spécialisation marocaine (sciences médicales, 1991-1996)

	Cliniques	Maladies infectieuses	Hémato	Chirurgie	Médecine interne	Immuno	Santé publique	Bio-Méd	Parasito
Part du Maroc dans la production Africaine	2 %	0,2 %	0,3 %	0,3 %	0,5 %	1,6 %	0,6 %	3 %	2,6 %
Rang en Afrique	10 <sup>e</sup>	14 <sup>e</sup>	14 <sup>e</sup>	12 <sup>e</sup>	13 <sup>e</sup>	15 <sup>e</sup>	15 <sup>e</sup>	8 <sup>e</sup>	9 <sup>e</sup>

Source : SCI. Traitement Narvaez.

25. Le milieu médical a un notable souci de consigner la moindre recherche, et toute réflexion sur la pratique. Il existe partout (et au Maroc) nombre de sociétés savantes par sous disciplines. Ces sociétés organisent congrès et colloques, dont les Actes sont publiés. Deux journaux de formation continue sont édités au Maghreb. Cette configuration ne se retrouve à l'égal dans aucun autre milieu professionnel. Beaucoup d'articles sortent en outre dans des supports équivalents français. Le SCI ne les dépouille pas (car francophones) bien qu'il fasse place à des équivalents tout aussi « provinciaux » des États-Unis. Pascal en analyse bon nombre. Ces remarques valent surtout pour la clinique, dont les chercheurs, aussi professeurs et chefs de service, jouissent d'un statut respecté. Les chercheurs en sciences biomédicales sont moins valorisés. Leurs disciplines sont beaucoup plus tenues à la compétition dans l'arène internationale, faute d'organes accueillant leurs travaux à visée locale.

### POINTS FORTS ET FAIBLES

Les **points forts** qui ressortent des deux bases sont les mêmes. Nous en avons fait état plus haut en utilisant Pascal. Le tableau 12 présente les résultats proposés par le SCI (1991-1996) : les grands succès s'attachent à des spécialités particulières, souvent sophistiquées. Ils se sont organisés autour de figures de proue. Certains supposent des stratégies très réfléchies de choix de sujet<sup>26</sup>. C'est la caractéristique d'une science pionnière, qui doit beaucoup à ses fondateurs.

Il est possible de faire l'exercice inverse ; et de s'interroger sur les **moindres spécialités** Marocaines. Le tableau 13 consigne les principaux résultats.

Notre horizon de comparaison étant l'Afrique, on peut comprendre que relativement moins de recherches portent sur des maladies ici non prévalentes (médecine tropicale, parasitologie...). Mais on peut s'étonner d'un « déficit » de publications en matière de *santé publique*.

L'hématologie (remarquablement développée dans le reste de l'Afrique du nord) fait ici figure de parent pauvre. On notera que les spécialités les plus répandues ne donnent pas nécessairement lieu au plus grand nombre d'articles : chirurgie et médecine interne montrent peu d'inclination à la recherche.

### LES ÉVOLUTIONS

Au travers de la base Pascal, nous avons analysé l'évolution de la production entre le début (1991-1996) et la fin de la décennie (1997-2001). En voici les principaux traits.

a) La **croissance en volume** est significative : Pascal enregistre une augmentation d'articles de 60 % dans la période.

b) La **production reste concentrée à Rabat et Casablanca** (90 %). Du point de vue de la recherche, les jeunes Facultés de Fès et de Marrakech ne sont pas encore montées en puissance.

c) **C'est toujours l'Université** (facultés et centres hospitalo-universitaires) qui produit de façon massive (75 % du total). Elle a accru ses scores de 40 % à Casablanca, et de 80 % à Rabat.

– Les *Instituts* spécialisés se maintiennent (Pasteur à Casablanca) ou progressent (INH à Rabat), dans des domaines stratégiques mais en gardant des scores modestes (10 % de la biologie médicale, 5 % de la santé publique, 2 % des autres recherches cliniques).

– Les *Hôpitaux militaires* sont actifs, particulièrement dans certaines spécialités (maladies infectieuses, traumatologie, neurologie ; ophtalmologie, pharmacologie).

26. Voir le rapport des experts en sciences biomédicales, et sur la chimie des substances naturelles.

– On assiste enfin à la montée des recherches dans les formations sanitaires de base, ainsi que dans des *associations ou fondations*, qui s’emparent souvent de créneaux imaginatifs délaissés par la recherche établie (MST, nutrition, santé publique...).

**TABLEAU 14**  
Solde des ressources humaines, par spécialité médicale (1997-2001)

Maroc	Chir*	Gynéco	Pédiat	Cardio	Neuro	OphthORL	HGE	Uro	Endo +	LabÉ	Divers	Total
Grands Retraits	4	1	3	4	1	1	4	1	4	1	15	39
Grands Persistants	12	2	1	4	2	6	4	4		6	1	42
Grands entrants	17	15	8	3	3	12	16	9	7	6	1	+97
Solde Grands Cadres	+13	+14	+5	-1	+2	+11	+12	+8	+3	+5	-14	+58
Nouveaux Entrants	19	25	13	11	13	15	9	7	7	18	13	150

Source SCI & Pascal. Traitement R. Waast

Légende : Chir\* = chirurgie et anesthésie ; HGE = hépato-gastro-entérologie ; Endo + = endocrinologie, maladies métaboliques, hématologie, oncologie ; Lab. = Laboratoire, pharmacologie-toxicologie, imagerie médicale ; Divers = autres disciplines cliniques.

**d) Les domaines de qualité se confirment.** *La cardiologie et la neurologie* montrent un grand dynamisme (score  $\times 2$ ). La pharmacologie chimie apparaît comme une spécialité nouvelle (elle a multiplié ses publications par 4). D’après le SCI, l’impact des travaux en bio médecine a doublé entre 1996 et 2001.

**e) Le passage de témoin à une nouvelle génération n’est pas à l’ordre du jour.**

Nous avons appliqué notre méthode aux sciences médicales : comparaison des listes d’auteurs, de période en période.

Globalement, les départs de la recherche sont largement compensés par l’arrivée de nouveaux entrants, dont un nombre significatif de « grands publiants ». Les domaines forts s’assurent ainsi une relève (mais un peu difficilement). Et la promesse de nouvelles spécialités se fait jour (en gastrologie, en uro-néphrologie, en ophtalmologie ; mais enfin aussi en chirurgie, en gynécologie et à moindre titre en pédiatrie). La situation n’est délicate qu’en quelques cas, où la production, faible, est menacée par le retrait d’auteurs importants sans grands successeurs (psychiatrie, rhumatologie, pneumologie).

Un examen *par ville* montre que chacune préserve ses points forts. Néanmoins, Rabat fait preuve du plus grand dynamisme, en toutes disciplines. Casablanca montre un solde d’entrants positif en gynécologie, en ophtalmologie, en biologie médicale et en chirurgie. La transition semble par contre plus difficile en cardiologie, en hépato-gastrologie (deux points forts), ainsi qu’en hématologie et endocrinologie.

**TABLEAU 15**  
Communauté scientifique active en recherche médicale (évolution 1991-2001)

Nbe de publications	5 à 7 articles	3 ou 4 articles	2 articles	+ de 1 article	1 article
Maroc 1997-2001	170	302	476	948	NC
Maroc 1991-1996	165	279	431	875	NC

Source SCI & Pascal. Traitement R. Waast.

Dans l'ensemble, le renouvellement des chercheurs est largement assuré, et la capacité à de nombreuses publications s'étend. Au niveau des scores plus modestes, le potentiel reste étonnamment constant. Le tableau 15 en rend compte.

#### 4. Conclusion

Quinze ans de croissance spontanée et rapide ont créé au Maroc un potentiel scientifique important. Cinq ans de soutien gouvernemental lui ont assuré reconnaissance, et début d'organisation. La science marocaine est aujourd'hui vibrante, et à la croisée des chemins.

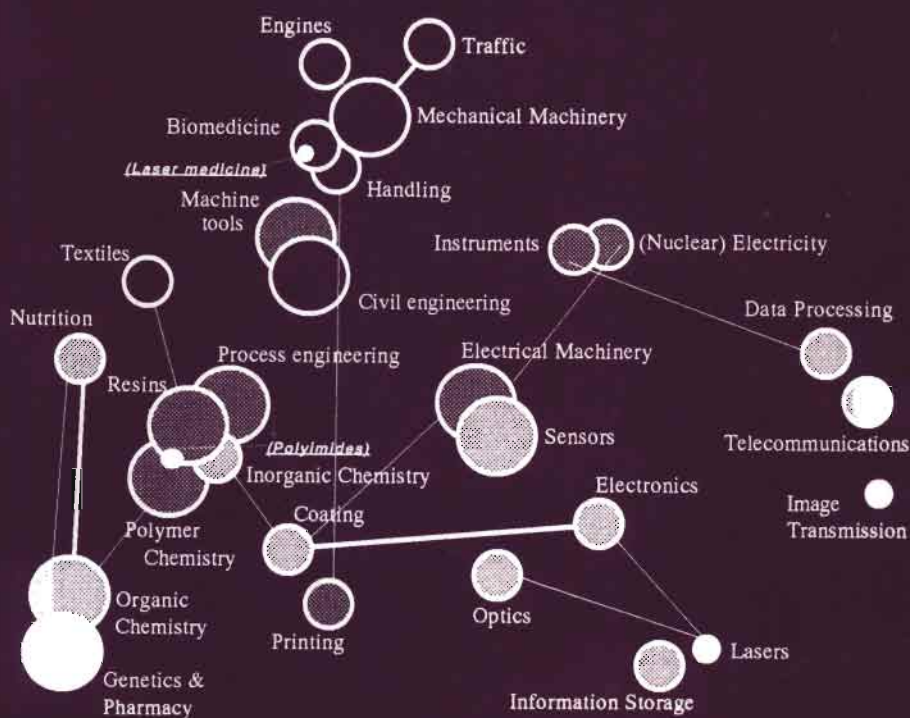
Les compétences se différencient et se redistribuent dans l'espace. Ce qui ne laisse pas de poser des problèmes de masse critique, d'équipement partagé, et de coordination. Une génération pionnière s'apprête à passer le flambeau. Ce qui pose la question de la motivation, et du modèle de professionnalisation des nouveaux chercheurs.

Sans doute faut il d'abord cultiver les domaines de qualité : il en est, dont le Maroc s'est fait une spécialité. Certains restent fragiles, tributaires des figures fondatrices et de vocations rares. Il s'agit de détecter ces talents, et de soutenir les « trésors vivants » dont on dispose.

Mais les fondations sont posées. La capacité en sciences de base est solide. Sur ce socle, il est possible d'identifier (avec l'aide d'experts au besoin) des niches où pourrait se développer utilement le lien entre recherche et développement.

Mina KLEICHE DRAY  
Roland WAAST

# LE MAROC SCIENTIFIQUE



Editions PUBLISUD

# Sommaire

À propos des auteurs .....	7
Préface	
<i>Omar Fassi-Fehri</i> .....	13
<b>PREMIÈRE PARTIE</b>	
<b>La démarche de l'évaluation</b> .....	15
<b>CHAPITRE 1</b> La Méthode	
<i>Roland Waast</i> .....	17
<b>CHAPITRE 2</b> Le rôle du ministère	
<i>Ilham Laaziz el Malti</i> .....	33
<b>DEUXIÈME PARTIE</b>	
<b>Cadrage de la recherche marocaine</b> .....	47
<b>CHAPITRE 3</b> Une Histoire du dispositif de recherche	
<i>Mina Kleiche Dray</i> .....	49
<b>CHAPITRE 4</b> Le système de recherche marocain : précis d'organisation	
<i>Mina Kleiche Dray</i> .....	67
<b>CHAPITRE 5</b> Bibliométrie fine. Méthode et résultats	
<i>Pier Luigi Rossi &amp; Roland Waast</i> .....	89
<b>CHAPITRE 6</b> L'enquête électronique comme contribution à l'évaluation des systèmes nationaux de recherche : le cas des laboratoires de recherche au Maroc	
<i>Anne-Marie &amp; Jacques Gaillard</i> .....	119
<b>TROISIÈME PARTIE</b>	
<b>Diagnostics d'experts</b> .....	145
<b>CHAPITRE 7</b> Mathématiques	
<i>Expert Claude Lobry</i> .....	147
<b>CHAPITRE 8</b> Physique	
<i>Expert Yves Farge</i> .....	159
<b>CHAPITRE 9</b> Chimie et chimie des substances naturelles	
<i>Experts Guy Ourisson &amp; Thierry Sevenet</i> .....	171



<b>CHAPITRE 10</b> Géosciences (sciences de la Terre) <i>Experts Michel Steinberg et Jacques Girardeau</i> .....	<b>181</b>
<b>CHAPITRE 11</b> Agronomie, agriculture, forêts <i>Experts Daniel Richard-Mollard, Jacques Gaillard, François Le Tacon, Trevor John Perfect</i> .....	<b>197</b>
<b>CHAPITRE 12</b> Sols <i>Expert Alain Ruellan</i> .....	<b>211</b>
<b>CHAPITRE 13</b> Hydrologie et traitement des eaux <i>Expert Dieter Prinz</i> .....	<b>215</b>
<b>CHAPITRE 14</b> Biomédecine et Santé <i>Expert Anne-Marie Moulin</i> .....	<b>223</b>
<b>CHAPITRE 15</b> Sciences de la mer et aquaculture <i>Expert Marcelo de Sousa Vasconcelos</i> .....	<b>235</b>
<b>CHAPITRE 16</b> Mécanique et génie mécanique <i>Expert Claude Conti</i> .....	<b>249</b>
<b>CHAPITRE 17</b> Énergie <i>Expert Yves Farge</i> .....	<b>259</b>
<b>CHAPITRE 18</b> Sciences et technologies de l'information et de la communication <i>Expert Jean-Pierre Tubach</i> .....	<b>265</b>
<b>QUATRIÈME PARTIE</b>	
<b>Synthèse et suites</b> .....	<b>275</b>
<b>CHAPITRE 19</b> Synthèse de l'évaluation <i>Roland Waast</i> .....	<b>277</b>
<b>CHAPITRE 20</b> Leçons et suites <i>Ahmed El Hattab et Said Belcadi</i> .....	<b>295</b>
<b>CHAPITRE 21</b> Sources et bibliographie <i>Mina Kleiche Dray</i> .....	<b>311</b>