

Communication faite en séance plénière à l'Académie Hassan II des Sciences et des Techniques Rabat, 21 février 2008

Par Pier Luigi Rossi et Roland Waast, IRD, France

La production scientifique du Maroc. Données récentes.

Le Maroc a été un des premiers pays méditerranéens à porter une attention détaillée à ses résultats de recherche. Des études *bibliométriques* ont fait le point dès 2000¹. Elles ont montré qu'en une décennie (les années 1990) le pays a connu une montée en puissance considérable. Il s'est ainsi hissé au rang de 3^o producteur de science en Afrique. A partir de 2000 toutefois, une inflexion se fait jour et le rythme de croissance ralentit.

Le Maroc a été aussi parmi les rares pays au monde qui ait eu l'audace de faire procéder à une évaluation *externe* de son système de recherche. Conduite entre 2001 et 2003 avec le concours de scientifiques européens de renom, cette évaluation a notamment conclu :

- que le pays disposait d'un riche potentiel de chercheurs,
- que les mesures de soutien récemment promues par le Ministère de la Recherche étaient très bien orientées,
- que néanmoins le système était à la croisée des chemins. Si la recherche n'était pas pourvue d'un « nouveau moteur » (au-delà des soutenances de thèses multiples exigées pour changer de grade à l'Université), l'élan risquait de s'épuiser et l'investissement de se perdre².

Depuis lors, que s'est il passé ? La communication suivante, appuyée sur de nouvelles données bibliométriques, a pour but d'étudier l'évolution récente en quelque détail. Nous analyserons successivement :

* l'évolution globale (1995_2006)

* le « tableau de bord » des évolutions, par grandes disciplines et pour les 20 établissements majeurs, entre 1995 et 2006.

* les leçons à tirer de la toute dernière période accessible (2004_2006).

1. Bibliométrie et bibliométrie fine : méthodologie.

On connaît le principe de la « bibliométrie ». Il s'agit d'approcher l'activité scientifique par ses produits, ou plutôt par celui que la communauté savante juge primordial : la *publication*³. La théorie montre que cette production est très concentrée (un petit nombre de scientifiques produisent le gros des articles : « loi de Lotka ») et l'expérience prouve que la science qui compte (influyente et citée) se concentre dans un petit nombre de revues spécialisées.

Les bibliomètres prennent donc pour source des bases de données sélectives, qui dépouillent le contenu de quelques milliers de revues jugées « les meilleures du monde ». Deux d'entre

¹ Ces études bibliométriques font partie de diagnostics plus complets. Par exemple : en 2000 Sciences en Afrique, Maroc : http://www.ird.fr/fr/science/dss/sciences_afrique; en 2003 Evaluation du système de recherche du Maroc publié par le Ministère marocain de la Recherche ; en 2007 Projet ESTIME, Maroc, www.estimate.ird.fr

² Cette évaluation a été récemment republiée : « *Le Maroc scientifique* », Paris : Publisud, 2008.

³ S'ajoute souvent, dans les études de « scientométrie », l'examen des brevets déposés (comme indicateur du lien à l'innovation économique).

elles sont « généralistes », couvrant l'ensemble des sciences exactes et naturelles⁴ : PASCAL, produite par l'Inist (France) et le SCI (Science citation index, devenu World of Science, produit par Thomson, USA).

Les analyses visent principalement à construire des indicateurs « macro » de la production scientifique (part mondiale de la publication détenue par un pays dans un grand domaine scientifique ; citations reçues et « impact », ou influence mondiale de cette production...). Il s'agit pour l'essentiel de permettre :

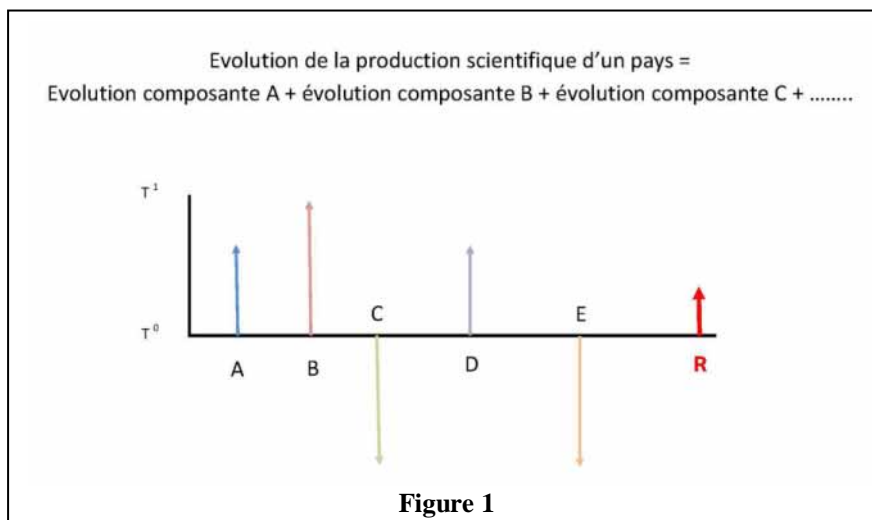
- des comparaisons entre pays,
- la mesure des évolutions dans les grandes disciplines.

Si ces indicateurs peuvent servir à guider (grossièrement) les politiques des métropoles de science, ils ne nous semblent pas fournir d'outils d'aide à la décision dans les pays émergents ou intermédiaires. Ceux-ci ont besoin de données beaucoup plus détaillées, pour élaborer des *stratégies fines*. Il s'agit pour eux, en fonction de leurs capacités installées et du mouvement prévisible des sciences et de l'industrie, d'identifier les niches où ils peuvent développer un avantage comparatif.

Nous avons donc entrepris d'exploiter les bases de données classiques de façon beaucoup plus détaillée qu'on ne le fait habituellement. Moyennant un important travail de nettoyage, de recodage et de programmation, nous sommes passés du constat de résultantes macro scientifiques à l'analyse de leurs *composantes* :

- par sous domaines scientifiques (une centaine),
- par régions, et par établissements producteurs,
- en identifiant les laboratoires et les auteurs les plus prolifiques.

Il est clair que la croissance d'un grand domaine scientifique (les géosciences par exemple) peut résulter d'une forte progression dans un sous domaine spécifique (la géologie...), masquant la faiblesse voire la régression d'autres sous domaines (géochimie, géophysique...). De même, au cours d'une période donnée, certains établissements peuvent être en net progrès et d'autres en repli (qui plus est de manière inversée selon les disciplines). Ces tendances peuvent tenir à des mouvements de fond ou à des accidents locaux (retraite ou délocalisation d'un auteur pivot – sur qui, dans de petites structures, la dynamique peut fortement reposer).



Ainsi notre démarche consiste à montrer que, à différentes échelles, **la résultante** d'une tendance de la production scientifique est le fruit de **plusieurs composantes** (figure 1). Ces composantes se situent essentiellement au niveau des individus (les auteurs) et de leurs regroupements (les laboratoires). Ces vecteurs primaires

⁴ Les sciences humaines et sociales sont donc couvertes par d'autres bases. Il existe aussi des bases spécialisées dans des domaines scientifiques particuliers : sciences agricoles (CAB...), médicales (MEDLINE...), chimiques (Chemical Abstracts...), mathématiques (Z base...). Elles sont difficiles à relier entre elles ; c'est pourquoi les bibliomètres leur préfèrent les bases généralistes – le plus souvent le SCI, de qualité très régulière.

constituent les « forces » de la production scientifique : les indicateurs de la bibliométrie fine se situent à ce niveau. Ceux de la macro bibliométrie se situent plutôt au niveau des résultantes de ces composantes. Comme la figure 1 le montre, une résultante se compose de tendances parfois contradictoires.

Pour représenter utilement ces composantes, nous exposons les résultats sous une forme synthétique et graphique :

- de « tableaux de bord », identifiant pour le pays les sites de haute densité scientifique (habiles en tous domaines), et ceux d'excellence en certains sous domaines (physique des plasmas ; télécommunications ; neuropathologie ; agro alimentation, etc...). Ces tableaux donnent une vue lisible des capacités, par lieux, établissements et spécialités qui tient pour le pays sur un « recto-verso »,
- des graphiques « shift & share », qui distinguent ce que les évolutions doivent à une dynamique mondiale de la discipline et à une dynamique locale particulière,
- des réseaux de collaboration qui font apparaître le capital relationnel d'établissements clé ou d'auteurs majeurs.

Lorsqu'on veut examiner les scores de publication obtenus par un établissement (ou par un seul auteur) dans une spécialité bien particulière les chiffres deviennent petits, et sujets à de fortes variations annuelles. Pour qu'ils soient propres à un usage statistique, il convient de considérer non pas les scores annuels mais ceux d'une *période* de quelque longueur. Pour nos études de bibliométrie fine nous avons distingué empiriquement une centaine de spécialités pertinentes où le potentiel scientifique n'est pas négligeable. Nous avons retenu une périodicité de 3 en 3 ans. La source des données est la base PASCAL, qui a l'avantage de coder en grand détail le sujet de chaque article dépouillé : on peut donc à la demande modifier la consistance des « spécialités » prises en considération (qui sont des agrégats de codes détaillés). Le résultat est plus fiable que celui livré par le SCI (qui ne code pas le thème des articles mais celui des journaux qui les publient). Aux fins de comparaison, nous avons conservé la liste des spécialités retenues dans de précédents travaux⁵.

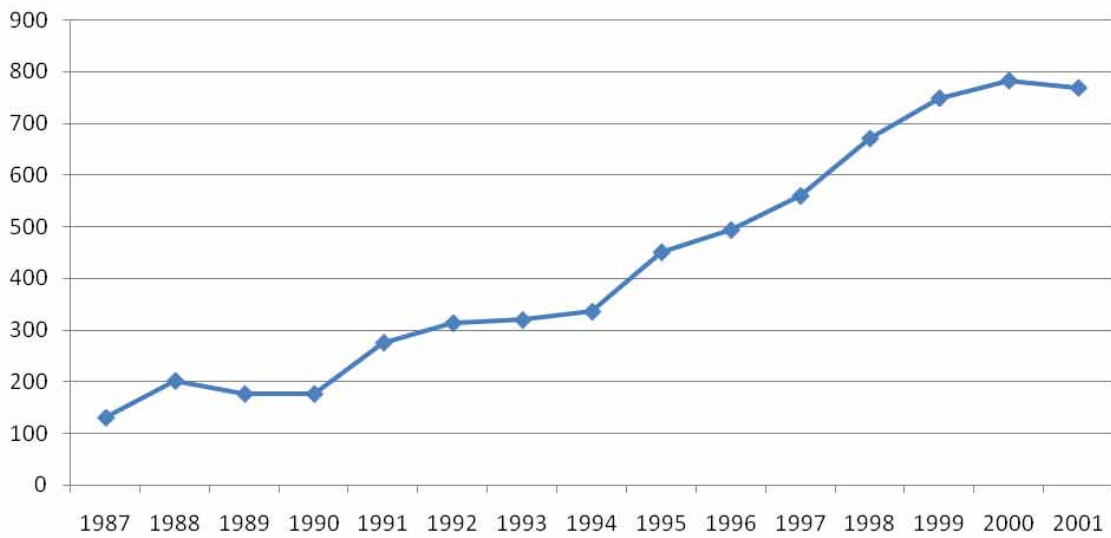
2. L'évolution globale.

La prise en considération de toute la production scientifique du Maroc permet de réaliser un premier cadrage bibliométrique. Dans les travaux déjà cités (cf note 1) nous avons constaté la progression importante de la production au cours des années 1990. La tendance est tout à fait comparable lorsqu'on prend en considération les données de la base PASCAL et celles du SCI (**figure 2**).

La **figure 3** montre l'évolution de la production du Maroc entre 1995 et 2006 (base PASCAL). On y retrouve la progression des années 90 ; puis un fléchissement en 2000. Au cours des dernières années ce fléchissement paraît s'affirmer.

⁵ Sciences en Afrique, Evaluation du système de recherche du Maroc, projet ESTIME.

Nombre de publications du Maroc : période 1987-2001



Source SCI-Thomson, Traitements P.L. Rossi IRD

Figure 2

Afin de vérifier qu'il n s'agit pas d'un artefact de la base (en fait encore un peu incomplète pour l'année 2006), nous observons simultanément les résultats que PASCAL enregistre dans le monde (il s'agit d'une croissance modérée) et dans quelques pays voisins (Algérie et

Production scientifique du Maroc : base Pascal

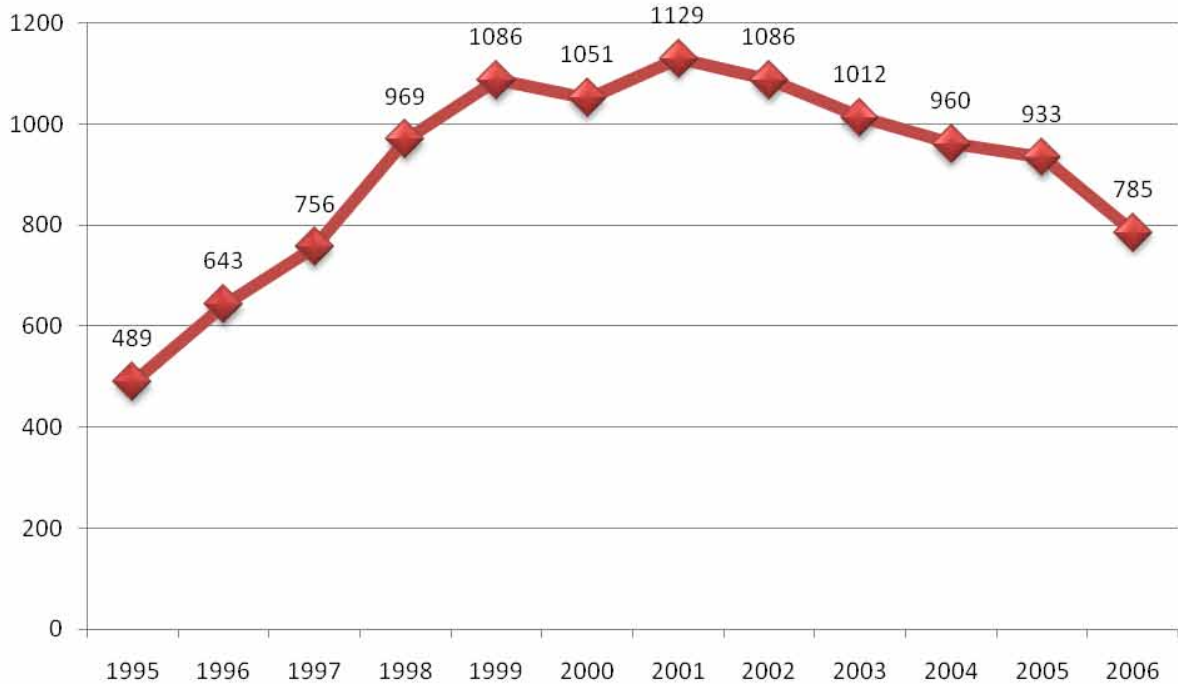
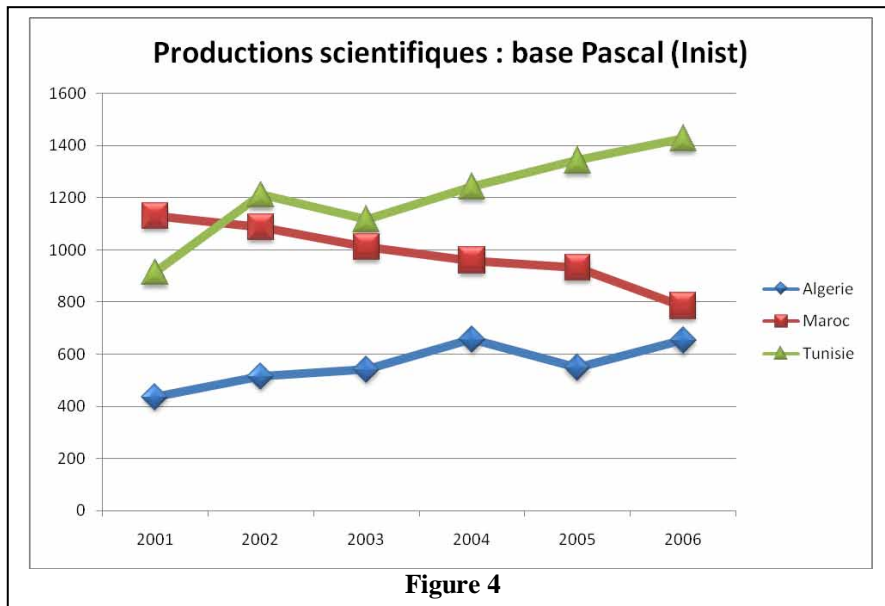


Figure 3

Tunisie : vive croissance). Le Maroc est donc bien en train de perdre quelques « parts de marché », sur le plan des publications de niveau mondial (**figure 4**).



Après avoir constaté cette baisse de la production scientifique du Maroc, notre approche visera à décomposer cette résultante d'ensemble en prenant en considération les établissements et les différentes disciplines. Tous les domaines et toutes les institutions suivent-ils la même tendance ?

3. La période 2001_2003 : des turbulences passagères ?

En passant du générique au spécifique, considérons donc le « *tableau de bord* » suivant (**figures. 5a et 5b**) Il s'en tient aux grandes disciplines et aux établissements majeurs.

Tableaux de bord

Dans la Figure 5a, chaque colonne consigne les scores des grandes disciplines pour une période donnée. Chaque ligne montre donc l'évolution des scores d'une grande discipline. La dernière ligne (« total ») enregistre la résultante de leurs mouvements pour le pays. La couleur des trames a du sens. Lue en lignes, elle se renforce de gauche à droite, si la croissance persiste dans la nouvelle période. Elle s'éclaircit si les scores diminuent.

	1995-1997	1998-2000	2001-2003	2004-2006
Sc agric	210	279	318	240
Sc bio	144	234	247	246
Sc med	838	1318	1468	1205
Math	74	140	207	137
Physique	285	582	512	361
Chimie	88	143	159	143
Sc ing	223	408	426	423
T O A	142	260	185	135
Total	1888	3107	3227	2676

Figure 5a

Le tableau fait ressortir que :

* la période 1995_1997 est celle du début de l'analyse. La croissance (forte par rapport aux périodes antérieures, ici non représentées) n'est pas achevée. La trame est partout claire parce que la période suivante verra encore augmenter les scores.

* la croissance demeure forte (et même très forte) en tous domaines jusqu'en 2000. Les années 1998_2000 sont les meilleures pour la physique et les géosciences (« TOA » pour « Terre, Océan, Atmosphère ») : c'est alors que leur trame est la plus foncée.

* à partir de 2001 un reflux s'amorce en physique et, plus nettement, en TOA. Les autres domaines « tiennent » bien (sciences biologiques et médicales, sciences de l'ingénieur) ou continuent de croître (sciences agricoles, chimie) parfois vigoureusement (mathématiques).

L'analyse des données de la période 2004_2006 sera présentée au § 4.

La Figure 5b permet d'examiner ce qui se passe au niveau des établissements. Ici, chaque

	1995-1997	1998-2000	2001-2003	2004-2006
U Rabat Souissi	314	562	635	415
U Marrakech	218	366	360	357
Hop Univ Casa	360	438	402	335
U Rabat Agdal	122	314	266	202
U Casa Chock	79	181	170	173
U Hassan 2 (Msik & Mdia)	24	99	141	142
Hop Mili	51	89	172	128
U Oujda	44	110	91	122
U Fes	90	176	186	107
U Kenitra	54	121	179	105
U Agadir	70	138	97	97
U Tet_Tanger	29	73	76	97
U Jadida	46	156	128	87
Ecole ENS	39	76	95	77
I_Agr-Véto	76	80	74	67
U Meknes	66	150	121	55
R&D Ind.	9	37	18	28
Ecole Ingén EMI	28	41	38	25
I Pasteur	18	18	16	15
I N Rech Agr	15	27	21	13
Ec Agri Meknes	13	18	12	11
Total	1888	3107	3227	2676

Figure 5b

colonne consigne pour une période donnée les scores de 21 établissements choisis soit parce qu'ils comptent parmi les plus gros producteurs de science du pays, soit parce que ce sont des spécialistes notoires dans des domaines d'intérêt particulier (par exemple en sciences agricoles, en biologie médicale, ou en R&D industrielle - accomplie par des entreprises). Chaque ligne montre donc l'évolution des scores d'un de ces établissements. La dernière ligne (« total ») enregistre la résultante de ces mouvements pour le pays. La couleur des trames a du sens, lue en lignes de gauche à droite. Elle se renforce si la croissance persiste dans la nouvelle période. Elle s'éclaircit si les scores diminuent

Ce tableau fait ressortir

que :

* en 1995_1997 la forte croissance des années antérieures n'est généralement pas achevée : la trame est presque partout plus claire parce que les années suivantes vont encore augmenter les scores. Il est toutefois de (rares) exceptions, du fait d'une involution forte de toute dernière période à commenter au § 4.

* 1998_2000 est généralement une période de très forte croissance, à peu près dans tous les établissements et notamment dans les jeunes universités de province. Le doublement, voire le triplement des scores y est fréquent. En cette période plusieurs institutions atteignent

leur apogée (trame la plus sombre) : Rabat Agdal, le CHU de Casablanca, les universités d'Agadir et El Jadida, mais aussi la R&D industrielle....

* C'est à partir de 2001_2003 que *certaines établissements s'essoufflent* (quelques uns de forte notoriété, comme Rabat-Agdal, l'IAV ou le CHU de Casablanca ; mais aussi de jeunes universités : Meknès, Agadir : la trame s'éclaircit par rapport à la période précédente). D'autres établissements se contentent de stabiliser leur performance (Marrakech, Fès, Oujda, Tanger-Tétouan, Casablanca-AinChock). Quelques uns conservent un dynamisme puissant : Rabat-Souissi et son CHU, Kenitra, Mohammedia-Ben M'Sik sont de bons exemples.

* L'évaluation du système de recherche réalisée en 2001_2002 (voir note 2) avait bien perçu les turbulences qui allaient affecter le système : redistribution du potentiel dans de jeunes universités en pleine expansion, perte de vitesse de quelques établissements historiques et prestigieux, transmission du flambeau par la génération des pionniers et transition potentiellement délicate dans les grandes universités.

Analyse « shift and share »

Pour différencier ce que l'évolution des grands domaines observée doit à l'entraînement par le mouvement mondial des disciplines et ce qui relève d'une dynamique propre au pays, nous utilisons la méthode d'analyse « shift and share ». Nous y procédons en rapportant la progression marocaine à deux composantes : l'évolution mondiale de la production pour une discipline (enregistrée par PASCAL), et son complément (« dynamique marocaine ») rendant compte de la résultante observée par la discipline au Maroc. La **figure 6** ci-dessous, compare la période charnière des années 2000 par rapport à la fin des années 1990.

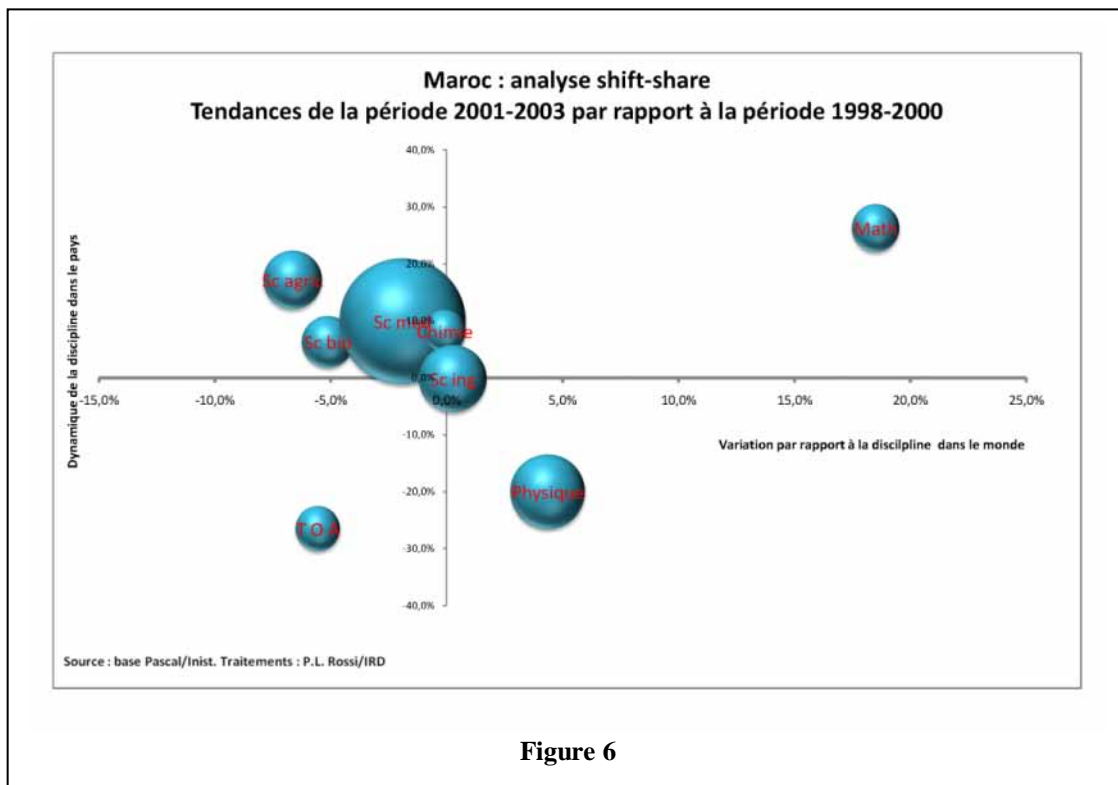


Figure 6

Sur la **figure 6** chaque boule concerne un grand domaine et sa taille est proportionnelle au volume des publications marocaines de la dernière période (2001_2003). Son centre a pour abscisse la variation de production mondiale de la discipline dans l'intervalle considéré.

L'ordonnée rend compte du mouvement de la discipline au Maroc. Ainsi : les Sciences agricoles sont dans le 4^o quadrant. Leurs publications ont régressé de plus de 5% dans le monde, mais pas au Maroc. Elles y ont au contraire progressé de 14%. Il faut prendre en compte une dynamique marocaine originale de + 20 % corrigeant la tendance mondiale.

* On observera que dans l'intervalle considéré, toutes les disciplines, sauf deux, montrent une dynamique marocaine positive, traduisant le gain de parts sur le « marché mondial des idées ». Cette dynamique corrige la tendance mondiale régressive dans des domaines d'évidente importance pour le pays : par exemple en Sciences agricoles ou médicales. C'est une marque de pertinence⁶. Concernant le « socle de base », en chimie et surtout en mathématiques – la croissance mondiale forte est redoublée d'une dynamique marocaine plus puissante encore.

* Par contre, il se confirme que les deux disciplines qui nous étaient apparues en retrait (physique et TOA) ne le sont pas particulièrement du fait de la tendance mondiale. Les géosciences reculent bien dans le monde, mais beaucoup plus fortement au Maroc. Et la physique, dont la tendance mondiale est à l'expansion, s'affaiblit plus gravement qu'il n'y paraît si l'on ignore ce trend international.

En résumé, la période **2001_2003** fait bien apparaître **une inflexion, limitée** toutefois à deux grands domaines (physique, TOA) et à quelques établissements (certes considérables : Rabat-Agdal, CHU de Casablanca pour citer les plus en vue).

4. La période 2004_2006 : trouble tous azimuts.

Venons maintenant à la partie la plus originale de ce travail : que s'est il passé ensuite ? Dans ce paragraphe, nous utilisons les données bibliographiques les plus récentes disponibles dans la base PASCAL (2004 à 2006). Nous reprenons ici les figures 5 et nous concentrons l'attention sur *les deux dernières colonnes*. Il s'agit de commenter l'évolution la plus proche de nous.

Ce nouveau tableau de bord est préoccupant. Toutes les « trames » ont tendance à s'éclaircir. Loin d'être circonscrit, comme précédemment, le fléchissement s'étend aux différentes disciplines et à la quasi-totalité des établissements :

- * la Physique et le domaine TOA confirment leur entrée dans une profonde involution,
- * les Sciences agricoles et médicales sont atteintes à leur tour,
- * le « socle de base » lui-même est touché : les mathématiques régressent,
- * seules « tiennent » encore (sans progresser) la biologie, la chimie, et les sciences de l'ingénieur.

Quant aux établissements :

- * la majorité régresse,
- * certains d'entre eux (*Fès, Meknès, El Jadida, Kenitra*) reculent de façon importante et perdent de 40 à 50 % de leur capacité contributive,
- * les plus grands établissements sont atteints (Rabat-Agdal et maintenant Souissi, les hôpitaux militaires et de nouveau le CHU de Casablanca...),

⁶ Sous bénéfice d'inventaire des sous disciplines les plus actives en agriculture ou en médecine

* néanmoins quelques établissements considérables se maintiennent (Marrakech, Ain Chock, ... Institut Pasteur), ou se ressaisissent (Agadir). *A contre courant*, de rares universités progressent : *Msik-Mohammadia, Oujda, Tanger-Tétouan*.

Pour approcher cette évolution de plus près, il vaut d'observer le devenir des *disciplines en chaque établissement*. Nous référons ici à un Tableau de bord plus complet, croisant institutions et grands domaines (**Figure 7**).

On peut alors distinguer :

* de grandes chutes cumulées en 3^o et 4^o périodes, affectant :

la Physique à Rabat-Agdal, Casablanca, Agadir, El Jadida et Meknès,
les sciences de la Terre à Fès, Kenitra et El Jadida,
la chimie à Fès et Meknès,
les sciences médicales à Casablanca,
mais aussi l'agriculture à l'INRA.

* des *chutes inattendues* de 4^o période, touchant des domaines qui avaient jusqu'alors vivement progressé et qui semblaient constituer *les fleurons* de tel ou tel établissement :

agriculture et biologie à Marrakech,
médecine à Rabat,
mathématiques à Agdal,
chimie à Kenitra,
TOA à Meknès,
sciences de l'ingénieur à Fès et El Jadida.

* des productions devenues *instables et comme incertaines* comme celles de la R&D industrielle, de la pharmacologie à Oujda ou de la chimie à Ain Chock (Casablanca).

* On peut donc saluer à l'inverse les performances accrues de la *Physique à Oujda*, de la chimie à Tétouan-Tanger, des sciences de l'ingénieur à Oujda, Agadir et Casablanca.

* Sur le plan des établissements, la plus grande alarme concerne de « jeunes » établissements comme Fès, Meknès, Kenitra, El Jadida, voire Agadir, comme si la recherche y avait moindre cité, ou qu'elles peinent à construire les masses critiques et à garder leur personnel motivé.

Il est vrai que la recherche est aussi fragilisée dans des institutions très en vue, comme Rabat Agdal, le CHU de Casablanca ou les Ecoles d'ingénieurs. Pour le reste il ne semble pas y avoir de règle : des établissements importants résistent bien, même si certains de leurs points d'excellence sont affectés (Marrakech, Ain Chock) ; des établissements parfois en position très périphérique se maintiennent ou progressent à contre courant (Hassan II mais aussi Oujda, ou Tétouan-Tanger). Il faut sans doute l'attribuer pour partie au soutien ou à un volontarisme institutionnel – une importante responsabilité revenant maintenant aux établissements.

	Sc agric				Sc bio				Sc med				Math				Physique				Chimie				Sc ing				T O A			
U Rabat Souissi	3	8	8	4	4	4	9	13	306	552	616	405	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	2	0	1	2	1	0	0	0	0
U Marrakech	27	53	70	52	36	67	53	35	5	30	37	36	27	34	56	53	59	68	71	75	15	24	10	12	32	67	70	99	33	65	44	37
Hop Univ Casa	0	0	0	0	0	1	5	4	360	437	396	333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
U Rabat Agdal	11	36	31	28	12	30	29	20	6	33	34	17	2	18	31	23	47	123	79	48	5	18	17	12	31	54	59	55	17	41	26	26
U Casa Chock	4	11	22	9	9	18	17	14	16	52	49	56	3	12	18	9	29	59	43	34	4	10	5	12	21	28	36	45	2	11	8	8
U Hassan 2 (Msik & Mdia)	1	9	11	9	3	11	18	16	1	16	10	15	2	9	2	7	11	41	47	24	1	10	45	44	4	11	20	35	2	5	10	8
Hop Milli	0	1	0	0	1	1	0	7	50	86	172	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
U Oujda	7	5	9	6	9	8	6	4	3	16	7	14	2	8	10	10	5	34	28	44	6	5	5	5	9	19	22	45	4	25	9	9
U Fes	9	14	25	14	12	23	26	21	3	16	26	35	5	11	12	5	32	53	51	20	8	17	13	2	18	48	46	18	11	21	7	2
U Kenitra	14	31	19	16	4	10	8	14	4	9	16	10	2	7	17	7	13	32	74	22	8	7	15	8	14	29	42	34	4	21	10	5
U Agadir	8	11	21	18	8	14	11	11	0	10	5	3	2	1	2	9	34	70	28	31	11	18	14	8	8	14	18	24	8	17	13	8
U Tet_Tanger	1	7	8	10	4	10	8	18	2	9	6	7	5	6	6	4	8	17	31	27	1	5	8	17	4	16	21	17	7	12	7	7
U Jadida	10	18	18	16	6	19	19	15	3	12	10	7	1	4	4	2	13	61	37	24	8	17	11	9	10	29	32	18	3	14	11	9
Ecole ENS	2	7	14	8	1	5	4	4	1	3	5	11	10	9	5	6	8	28	38	17	4	5	9	11	10	21	26	21	4	2	2	2
I_Agr-Véto	44	47	47	39	18	14	18	18	9	19	12	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	8	4	7	8	0	5
U Meknes	7	11	22	6	11	9	18	8	2	3	5	2	2	3	15	3	21	63	48	26	10	14	4	3	6	30	12	9	11	26	24	5
R&D Ind.	2	5	2	5	0	7	5	11	1	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	7	8	8	7	22	3	4
Ecole Ingén EMI	7	10	9	4	1	0	1	0	0	0	0	0	2	3	6	2	3	9	14	7	3	4	0	3	14	22	11	10	0	1	3	1
I Pasteur	0	0	1	1	3	1	2	7	17	18	13	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
I N Rech Agr	15	25	18	10	3	2	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	3	0	1
Ec Agri Meknes	13	14	9	6	0	3	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	1	0	0
Total	210	279	318	240	144	234	247	246	838	1318	1468	1205	74	140	207	137	285	582	512	361	88	143	159	143	223	408	426	423	142	260	185	135

Figure 7 : Tableau de bord « Institutions-Disciplines »

5. Des spécialités menacées ?

Ces données incitent à plus encore de détail : quelles sont les spécialités les plus touchées, en général et au sein de chaque institution ? Il s'agit de rentrer dans le détail des sous domaines, sur lesquels pourraient s'appuyer les établissements et le pays pour construire des stratégies de recherche.

Nous présentons (*figure 8*) une version très détaillée du « Tableau de bord ». Afin d'en assurer la lisibilité, nous le limitons aux cases (*spécialité x établissement*) qui totalisent plus de 10 publications entre 2001 et 2006. Nous scindons chacune de ces cases en deux sous périodes : 2001_2003 : premières turbulences ; et 2004_2006 : récession fréquente.

Le tableau compare donc, pour 50 sous domaines (ou spécialités), les performances de 15 établissements dans ces deux périodes successives⁷. Le tableau est présenté en deux parties : d'une part la biologie (non médicale) et l'agriculture ; de l'autre les mathématiques et les sciences de la matière.

Chaque ligne est consacrée à une spécialité, chaque colonne à un établissement (avec *deux sous colonnes* : à gauche pour la 1^o période, à droite pour la 2^o).

Par rapport à un tableau complet : *manquent* certains établissements ou spécialités, faute de scores suffisants à consigner dans l'une des cases du tableau. Pourtant la somme de leurs contributions, même petites et dispersées, est loin d'être négligeable. Elle est reprise dans la *colonne finale, intitulée « Total », qui consigne les scores nationaux par spécialité* (et non pas la somme des lignes figurant au tableau)⁸.

	U Casa Chock		U Rabat Agdal		Ecole ENS		L_Agr-Véto		I N Rech Agr		U Fes		U Marrakech		U Agadir		U Kenitra		U Meknes		Total		
A00 Sc agr (divers)																					1	24	
A21 Hydro	7	4	10	8							16	3	17	9	9	7	4	6			68	39	
A22 Irrigation																					7	6	
A31 Sc sol			9	11		4	6													6	4	45	45
A41 : Conduite des cultures						8	5						10	4							26	15	
A42 : Amélioration des plantes						10	5	7	5				20	3						9	1	59	19
A43 : Protec plantes																					6	5	
A50 : Sylviculture																					9	7	
A60 : Indus agro-alim					8	7	12	17					11	18							47	64	
A71 : Prod animale terrestre																					5	5	
A90 : Entomo agricole													8	7							33	21	
B13 : Bio moléculaire																					8	8	
B14 : Microbiologie			7	4		7	10			5	5	9	5								45	42	
B22 : Génétique																					8	9	
B31 : Physio végétale																			8	2	24	12	
B41 : Zoologie																					15	25	
B42 : Physio animale										4	7										23	42	
B51 : Ecologie de base										13	3	18	4								62	39	
B52 : Ecologie ap												6	5								34	31	
B60 : Biotec : divers																					5	6	
B62 : Biotec: Méth & procédés																					8	13	
B64 : Biotec indus													5	7							17	10	

Figure 8a : Biologie non médicale et Agriculture
Evolution de 2001_2003 à 2004_2006

⁷ Les 30 *spécialités médicales* ne sont pas représentées (leur codage de dernière période n'étant pas achevé au moment où cette communication est rédigée).

⁸ Par exemple en STICs, ces contributions non figurées représentent 25 à 30 % du total, dont nombre d'articles issus d'Ecoles d'ingénieurs.

Les domaines considérés en 2002 par les experts européens comme les plus pertinents et les mieux « positionnés » dans la science mondiale tiennent bien : physique nucléaire, mécanique et thermodynamique...

* Les géosciences sont fortement touchées. Elles aussi le sont en leur cœur : la *géologie*, fleuron marocain, faiblit même dans ses principaux fiefs (Meknès, Marrakech).

* La *science des matériaux*, grande spécialité marocaine à la charnière de la physique et de la chimie, se porte bien. En chimie stricto sensu le paysage est contrasté : elle prospère à Casablanca et Mohammedia et s'effondre à Fès ; le caractère erratique des évolutions renvoie sans doute au charisme des personnes et au volontarisme des institutions.

* En sciences de l'ingénieur les mouvements sont aussi browniens.

- Les seules vraies progressions s'observent en *génie chimique* et dans le domaine souvent connexe des travaux relatifs aux pollutions. Ils le doivent de manière assez cohérente aux belles performances de Casablanca-Mohammedia, mais aussi de Marrakech et de Rabat-Agdal (Fès s'effondrant là aussi). Le génie énergétique (encore un domaine « bien positionné ») est aussi en progrès.

- Ces signaux positifs sont compensés par d'autres plus inquiétants. C'est le cas en *STICs* (Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication) dont les scores (même dispersés) baissent notablement partout¹⁰.

- Pour le reste, les résultats se maintiennent globalement : quelques percées inopinées (BTP à Marrakech, Métallurgie à Oujda...) venant compenser des baisses affirmées ou diffuses en d'autres places (métallurgie : Kenitra et Rabat ; pollution : Fès...).

Ainsi :

* d'une part, rien ne semble plus endiguer l'essoufflement du « moteur » ancien de la recherche. Le capital accumulé risque de se perdre,

* beaucoup dépend de l'initiative, guère encore documentée, des « acteurs » les plus directs : établissements, mais aussi laboratoires, et certainement personnalités charismatiques à l'origine du principal des productions.

6. Les auteurs

Sur ce plan la bibliométrie peut apporter quelques pistes. Il ne faut pas les surestimer. Des enquêtes directes seraient certainement plus nécessaires. Nous nous essaierons toutefois à un éclairage.

Prenons en considération une *liste d'auteurs*. Nous avons ici retenu celle des personnes qui enregistrent au total des 20 dernières années les scores les plus importants dans la base SCI. Un tel choix est de pure commodité. Il pourrait être modifié pour s'adapter à un établissement précis, à une discipline, ou à différents questionnements. Il nous sert essentiellement à donner un exemple de ce que la méthode peut rendre visible¹¹.

¹⁰ Peut être plus du fait de l'électronique que des autres branches ; mais les chiffres ici trop faibles ne nous permettent pas de descendre à ce niveau très fin.

¹¹ La liste des auteurs « les plus productifs » dépend en partie de la base choisie (toutes ne dépouillent pas les mêmes revues). Elle est très sensible aux disciplines (certaines ont pour tradition de publier beaucoup, avec de nombreux co auteurs ; d'autres ont la posture inverse ; les spécialistes des premières auront naturellement des scores plus importants). La liste dépend aussi de la période considérée. Le choix des paramètres est à faire en fonction de la question qu'on se pose.

Sur la base de la liste adoptée, il est possible :

* d'analyser comment évolue la production des auteurs considérés. L'intérêt est ici de s'intéresser à des « trésors vivants » (comme il est dit au Japon, qui s'efforce de les cultiver), et de vérifier si leur éventuelle relève est assurée par de nouveaux « grands entrants »¹².

* on peut aussi représenter les *réseaux de collaboration* de ces auteurs, et se faire ainsi idée de leur rôle d'animation, de leur entregent et de leur enracinement mondial.

Nous en donnons des exemples à la suite.

- Relève de grands auteurs

La **Figure 9** consigne une liste de 9 auteurs particulièrement productifs au cours des 2 dernières décennies. Le tableau s'intéresse à l'évolution de leur production récente (périodes 1997_2001, puis 2002_2006). La trame verte se rapporte au meilleur score des 2 périodes pour chaque acteur, la trame claire au moindre score. L'objectif est d'examiner quelle relève on peut espérer pour de grands auteurs.

SCI	97-01	02-06	Total 97-06
Benyoussef A	48	31	79
Essassi EM	32	23	55
Boukhari A	27	15	42
Saber M	32	24	56
Soufiaoui M	18	15	33
Arde J	16	9	25
Lazrek HB	27	18	45
Hammouti B	13	41	54
Hajjajhassouni N	26	35	61

Figure 9

* Les trames **vertes** (plus hauts scores) figurent plutôt en première période. Cela montre que parmi les grands producteurs, une génération se retire (est ce du fait d'un départ normal en retraite ou pour d'autres raisons ?) et qu'elle ne trouve pas une relève équivalente en nombre (ni nécessairement dans les mêmes domaines).

* Par contre, les quelques « grands entrants » (déjà très actifs en 1^o période) ont une productivité très forte.

Ces notations attirent l'attention sur le besoin d'incitations, et la nécessité de recréer rapidement un environnement favorable à l'éclosion des talents

nouveaux.

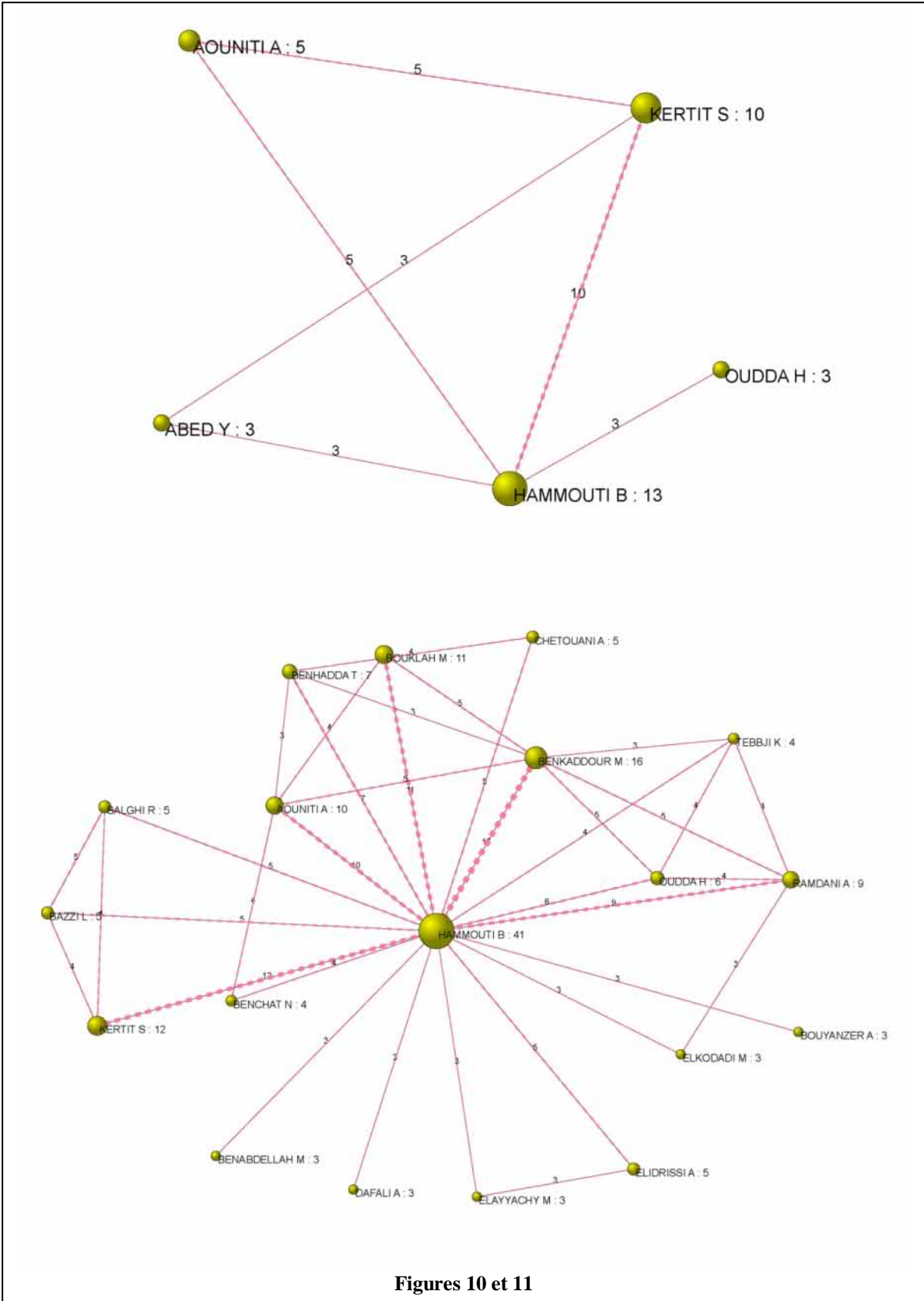
- Réseaux de collaboration

Les *réseaux de collaboration* qu'entretiennent les chercheurs dénotent leur rayonnement. Ils sont aussi au cœur de leur productivité (nouvelles idées, stimulation, mises à jour...). L'évolution de ces réseaux traduit les différents stades d'une carrière.

Nous le montrons à travers *l'exemple d'un « grand entrant »*, B. Hammouti, spécialiste de la science des matériaux. Les figures suivantes traduisent l'essor de son activité (**figures 10 et 11**).

Le schéma du haut représente le réseau de B. Hammouti avant 2002 ; celui du bas le même réseau pour la période 2002-2006. Dans les deux cas la représentation est limitée aux liens de plus de 3 co publications en 5 ans (ce qui est un score important).

¹² Voir un exercice prédictif de cette sorte dans la synthèse bibliométrique de l'Evaluation du système de recherche de 2003, in *Le Maroc scientifique*, op.cit.



Au début de la période observée (figure en haut de page), B. Hammouti n'est déjà plus un débutant. Il a été en poste à l'Ecole Normale Supérieure de Rabat (longtemps meilleur sanctuaire de la physique marocaine). Il y côtoie quelques uns des grands spécialistes de la physique du solide et il a publié en association avec l'un des plus brillants : S. Kertit, à l'équipe duquel il a été associé.

Plus récemment, il a été nommé Professeur à Oujda (sa région d'origine), où il a trouvé un milieu favorable et où il a entrepris d'établir un laboratoire.

La première période montre une activité forte (plus de 2 publications par an) centrée sur un réseau dense de proximité. La relation privilégiée avec S. Kertit (qui a d'ailleurs d'autres « disciples ») se double d'un réseau de liens personnels forgés dans le même creuset : ils se révéleront durables.

La deuxième période montre une explosion de publications et d'interactions, qui bâtit sur les relations antérieures, et les élargit à un nouveau cercle d'élèves et de collègues. Un tel déploiement n'a rien de naturel. Il suppose au contraire une grande fidélité aux origines et un milieu d'accueil dont il faut créer les dispositions favorables. Il requiert une dépense d'énergie et une capacité de conviction hors normes (aujourd'hui en particulier, car elles vont à contre courant de l'affaiblissement actuel de l'intérêt pour la recherche).

Les analyses de réseau fournissent de nombreuses leçons. Celle ci fait ressortir l'importance des relations suivies, intergénérationnelles, en des lieux de tradition durable. Elle détecte des binômes ou trinômes forts, base fréquente de la production. Plus généralement, ces analyses manifestent les tournants de carrière, la montée en production, les prises de distance (lorsqu'un chercheur se retire, ou vient à se consacrer à de nouvelles tâches). Elles révèlent des espaces productifs structurés (qui peuvent s'étendre en longs lacis dans plusieurs pays)¹³. C'est un outil intéressant de connaissance du milieu.

7. Conclusion.

L'analyse bibliométrique des données de la base Pascal concernant la production scientifique du Maroc permet d'en suivre l'évolution au cours de ces dernières années (1995-2006).

Bien que l'approche macro-bibliométrique montre un infléchissement de la production à partir de l'année 2001, l'analyse micro-bibliométrique permet de mieux comprendre la dynamique de la recherche scientifique au Maroc.

Pour la période 2001-2003, on constate que la Physique et les Sciences de la Terre sont les disciplines dont la production diminue. Mais, en situant leur évolution dans le contexte international (analyse shift and share), on observe que pour les Sciences de la Terre la tendance au Maroc est la même que celle internationale alors que pour la Physique l'inflexion est spécifique au Maroc. Par ailleurs, cette diminution de la Physique se limite à certaines spécialités (physique du solide) et à certains établissements (Universités de Rabat, Agadir, El Jadida) tandis que d'autres progressent (Kenitra, Tétouan-Tanger).

Pour la période 2004-2006 les inflexions de la production scientifique sont plus généralisées. La majeure partie des établissements sont touchées. Il en est de même pour les disciplines, à l'exception des Sciences biologiques et des Sciences de l'ingénieur qui se maintiennent.

L'analyse micro-bibliométrique montre, encore une fois, que ces tendances « génériques » sont à moduler si l'on s'intéresse aux différentes institutions et aux sous-disciplines en leur sein. On constate ainsi que même si certaines « jeunes » universités perdent une part

¹³ Au cas présent, on remarquera que les réseaux sont essentiellement marocains. Il ne s'agit pas d'un signe « d'in breeding » (car des étrangers sont partie prenante à moindres degrés, non représentés ici), mais d'une preuve d'autonomie et de maturité du domaine au Maroc.

importante de leur capacité contributive (Fès, Meknès, Kenitra, El Jadida), d'autres comme celles d'Oujda et de Tétouan-Tanger, continuent leur progression.

Par l'analyse des grands domaines scientifiques on constate qu'Oujda progresse en Physique et en Sciences de l'ingénieur et que Tétouan-Tanger progresse en Chimie. L'analyse des sous-domaines permet de constater que, bien qu'il s'agisse d'une période générique de régression, le tableau de bord reste contrasté : l'hydrologie et les sciences de la plante reculent, mais les études intéressant l'industrie agro-alimentaire progressent. La Physique de l'état solide régresse, sauf à Agadir et à Oujda, alors que les Sciences des matériaux progressent, notamment à Marrakech et à Oujda.

Une analyse encore plus fine, au niveau des auteurs, montre que, au cours des cinq dernières années, un certain nombre des plus productifs se retire, tandis que quelques jeunes chercheurs se montrent très dynamiques. Ces derniers, par leurs activités scientifiques, peuvent avoir un fort impact dans leurs établissements d'appartenance. L'analyse de leurs réseaux de collaborations montre comment la progression de leur carrière et le développement de leur production structurent leurs relations professionnelles. On remarque que, dans certains cas, elles s'appuient essentiellement sur une dynamique de partenariats spécifique au Maroc. On peut donc s'inscrire dans une dynamique de publications d'articles dans des revues de renommée internationale sans entièrement reposer sur un réseau de collègues résidant dans un autre pays.

Tous ces indicateurs caractérisent bien l'évolution de la recherche scientifique au Maroc en mettant en évidence ses tendances contradictoires. La micro-bibliométrie montre que les acteurs sont multiples et chacun se caractérise par des tendances spécifiques.

Ces indicateurs permettent de mettre au jour des tendances et des pratiques, mais ils peuvent difficilement permettre d'en identifier les causes.

Des hypothèses peuvent être esquissées pour expliquer les mouvements divergents que nous avons constatés.

Sommes-nous en présence d'un changement générationnel qui touche la recherche scientifique au Maroc ?

Les auteurs les plus âgés réduisent progressivement leur encadrement académique et l'énergie consacrée à la rédaction de publications scientifiques se raréfie. Seulement quelques auteurs plus jeunes prennent la relève en s'appuyant souvent sur des réseaux de collègues du pays.

Des disciplines deviennent moins attrayantes pour les thésards et les jeunes chercheurs : cette tendance est confirmée sur le plan international pour les Sciences de la Terre mais peut, pour d'autres disciplines, être spécifique au Maroc.

Les acteurs de certains sous-domaines disciplinaires qui avaient connu un essor et un développement il y a déjà quelques années, rentrent dans une phase moins productive sans disposer d'une relève.

Avec les indicateurs bibliométriques il reste délicat de confirmer ces hypothèses. Des approches complémentaires sont nécessaires.

La prise en compte de l'évolution des populations d'étudiants, de la pyramide des âges des enseignants, notamment en fonction des disciplines, pourrait fournir un cadrage statistique significatif.

Une approche sociologique par enquêtes de terrain auprès des acteurs, concernant leurs stratégies, leurs motivations, leur approche de la recherche, dans leur contexte académique devrait fournir des éléments complémentaires de compréhension.

La prise en compte et l'analyse des contraintes administratives et financières du monde de la recherche au Maroc devrait servir à éclairer le contexte que leurs acteurs doivent affronter et gérer pour assurer le développement de leur production scientifique.

Il s'avère que la recherche marocaine est parvenue à un tournant. On peut penser¹⁴ qu'il est besoin de lui reconnaître une fonction propre et qu'il est temps de lui trouver un nouveau moteur.

Bibliographie

Kleiche M., Waast R. - *Le Maroc scientifique* – Paris: Publisud, 2008, 312 p.

Ministère délégué à la recherche du Maroc – Atelier national sur l'évaluation du système de la recherche scientifique dans les domaines des sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur. Volume 2 : Rapports d'évaluation – Rabat, MESRS, 2003, 554 p.

Rostaing H. – *La bibliométrie et ses techniques* – Editions Sciences de la société, 1996, 131 p.

Shields M. - Tool 4: Shift-share Analysis Helps Identify Local Growth Engines - Penn State's Center for Economic and Community Development, 2003, 8 p. (cecd.aers.psu.edu/pubs/Tool4.pdf).

¹⁴ Cf évaluation internationale de la recherche marocaine, republié in *Le Maroc scientifique*, Paris : Publisud, 2008.