



Evaluation of Scientific, Technology and Innovation
capabilities in MEditerranean countries
Evaluation des Capacités Scientifiques Techniques
et d'Innovation des Pays Méditerranéens

Etude bibliométrique de huit pays Méditerranéens

Sciences exactes et naturelles

Pier Luigi ROSSI et Roland WAAST

IRD

roland.waast@ird.fr
rossi@bondy.ird.fr

Paris, Septembre 2007

Sommaire

RESUME 4

LISTE DES TABLEAUX 9

LISTE DES FIGURES..... 9

INTRODUCTION. INTERET ET PRINCIPES DE LA BIBLIOMETRIE 10

**PREMIERE SECTION SITUATION D'ENSEMBLE DES SCIENCES EXACTES
ET NATURELLES 12**

1 CHAPITRE 1. UN DYNAMISME EXCEPTIONNEL 12

1.1 Des pays « intermédiaires ».....12

1.2 Pays arabes et Méditerranéens : des volumes encore modestes.....14

1.3 ... mais une dynamique spectaculaire.....15

1.4 Les avancées sont sensibles aux vicissitudes politiques...16

1.5 ... mais l'activité scientifique devient relativement autonome.....19

2 UNE SPECIALISATION PARTICULIERE. 20

2.1 Les sciences de la matière plus que de la vie.....20

2.2 Variations d'un pays à l'autre21

3 DES SOUS-DISCIPLINES REMARQUABLES 23

3.1 Des atouts particuliers en chaque lieu23

3.2 Spécification des points forts en sciences de la matière : à l'ouest
plutôt les sciences fondamentales, à l'est plus d'ingénierie.24

3.3 Sciences du vivant : quelques points forts, très variables selon les
pays.....25

3.4 Evolution : les profils s'accusent.....26

4 QUESTIONS DE QUALITE. L'IMPACT..... 27

5 CONCLUSION SUR LES TENDANCES PRINCIPALES 29

DEUXIEME SECTION BIBLIOMETRIE FINE ET PILOTAGE DE LA RECHERCHE	32
6 LA NECESSITE D'OUTILS DE PILOTAGE FIN.....	32
6.1 Les objectifs.....	32
6.2 La procédure.....	32
7 LES TABLEAUX DE BORD : LES STRATEGIES D'UN PAYS	33
7.1 Un exemple de tableau de bord : le cas du Maroc.....	34
7.2 Confrontation de Tableaux de bord Méditerranéens : capacités et progrès.....	40
8 UN ATLAS DES INSTITUTIONS : REPERER LES ORIENTATIONS DES PRINCIPALES INSTITUTIONS	43
8.1 La carte de points forts d'une Université (JUST à Irbid, Jordanie).....	45
8.2 Discussion des points forts ou faibles de l'établissement.....	45
8.3 Comparaison à d'autres établissements.....	46
8.4 Auteurs Phare.....	47
8.5 Potentiel disponible et actif.....	48
8.6 Le choix des sujets.....	51
9 RESEAUX DE COLLABORATION.....	51
9.1 Collaborations entretenues par les auteurs d'une institution (HIAST, Syrie).....	53
9.2 Autre exemple : les collaborations structurant la recherche de Jordan University.....	54
9.3 Collaborations entre établissements (IAV, Maroc).....	56
9.4 Collaborations à l'échelle d'un pays (Jordanie)	57
9.5 Collaborations à l'échelle d'un pays (Algérie)	59
10 CONCLUSION	62

Résumé

Les pays méditerranéens sont de « petits pays scientifiques ». Cela ne veut pas dire pas qu'ils n'ont pas de brillantes capacités, dans des domaines pour eux importants. Cela signifie que, avec de petites communautés savantes, il leur faut choisir des niches pertinentes (qui aient du sens pour le pays, qui correspondent aux capacités, et qui soient anticipatrices). Il leur faut donc bien connaître leur potentiel. Le décompte des publications récentes en donne une première mesure. C'est l'objet de la bibliométrie. Celle-ci s'appuie sur de grandes bases bibliographiques internationales, qui dépouillent un vaste noyau de revues spécialisées du monde entier. Consultées sur de longues périodes, elles permettent de comparer la production de tous pays, et son évolution dans le temps (macro bibliométrie) ; analysées finement, elles permettent d'identifier les capacités par thèmes, et de les localiser par ville ou par institution (micro-bibliométrie).

Pour chacun des 8 pays étudiés nous avons analysé la production globale et son évolution dans le temps, par grandes disciplines. Nous avons fait ressortir les spécialisations remarquables, et mesuré « l'impact » des publications. Les données présentées ici complètent et se nourrissent de celles présentées dans l'analyse de la production par pays du projet ESTIME (« Country leaflet » établi par l'OST).

Les scores de publication de 7 des pays Méditerranéens comparés à deux de pays « témoins » d'autres continents montrent une production modeste des pays Méditerranéens (500 à 1000 publications par an – sauf Egypte : près de 3000). Ils occupent néanmoins une place de tête en Afrique, et d'honneur dans leur environnement asiatique. Derrière l'Afrique du sud, l'Egypte se place seconde sur son continent, suivie désormais par la Tunisie, le Maroc et l'Algérie groupés. Au Moyen Orient l'Iran seul fait mieux que l'Egypte. L'Arabie saoudite ou les états du Golfe ensemble se situent au niveau d'un pays du Maghreb. Par comparaison avec d'autres pays « intermédiaires » (Chili, Malaisie, Afrique du sud...) qui parient depuis longtemps sur l'éducation, la science, et aujourd'hui sur l'innovation, la distance reste grande.

Le trait saillant est sans conteste l'impressionnante croissance des scores Méditerranéens au cours des deux dernières décennies. La progression est très supérieure à celle enregistrée dans le même temps par la production mondiale. La part de la région dans cette production a plus que doublé en 20 ans, passant de l'invisible à quelque 1 %. Ce résultat est dû principalement au dynamisme du Maghreb, dont les scores ont sextuplé. Le mouvement se poursuit. Dans la courte période des 6 dernières années, le bond en avant de la production scientifique est spectaculaire.

Les progressions varient selon les pays et ces Les avancées sont sensibles aux vicissitudes politiques. Elles reflètent évidemment les convulsions historiques, et les aléas du soutien gouvernemental en chaque cas. Ainsi, la production Algérienne est restée en suspens durant les années de guerre civile : de 1988 à 1994. Celle du Liban s'est effondrée pour les mêmes raisons dans les années 80 (et jusqu'en 1995). La production Jordanienne a été atteinte par la première guerre du Golfe. Celle des Territoires palestiniens reste presque invisible. De façon moins dramatique au Maroc, après une période d'actif soutien de l'état (1998_2003) la recherche semble avoir perdu priorité ; les mesures tardent et les résultats s'en ressentent. La Tunisie seule parie vigoureusement et continûment sur la science et sur l'innovation : les résultats grimpent en flèche.

Malgré les avanies dues à un soutien inconstant de l'Etat, et à des guerres cruelles, la production scientifique Méditerranéenne rebondit depuis 20 ans. Le Maghreb de ce point de vue se différencie du Moyen orient où les effets de guerre ont été désastreux ou de l'Afrique sub-saharienne où le retrait de l'Etat a subordonné la recherche à un marché international du travail scientifique, échappant aux institutions, et commandant l'agenda comme les stratégies de choix de sujet. La recherche au Maghreb est fortement professionnalisée (statut, exigences académiques, ancrage à l'Université et dans la haute fonction publique technique) et institutionnalisée. Les chercheurs disposent en outre d'une bonne insertion internationale (en Europe en particulier).

Pour faire un bond supplémentaire en avant, il est certain qu'une politique favorable, suivie, perspicace, et bien sûr financée est indispensable.

L'ensemble de ces pays connaît une spécialisation très particulière, dans les sciences de la matière plus que de la vie. Le profil de publication des 8 pays Méditerranéens est très centré sur les sciences de la matière (physique, chimie, ingénierie), avec une notable sous-spécialisation en sciences du vivant (biologie fondamentale et appliquée, recherche médicale). En outre les Mathématiques sont partout en faveur. Le Maghreb et le Liban en font une spécialité extraordinaire.

Il existe des nuances entre pays. La spécialisation en sciences de la matière est extrême en Algérie et en Egypte. Elle s'atténue quelque peu au Maroc et en Tunisie (qui a un profil de spécialisation assez conforme à celui du reste du Monde). C'est le Moyen-Orient qui fait le plus de place à quelques spécialités de sciences naturelles : principalement à la biologie appliquée (Jordanie, Syrie) voire à la recherche médicale (Liban).

Dans chaque grande discipline, les pays développent chacun certaines sous-disciplines. C'est parfois sous l'impulsion d'une figure de haute qualité qui forme une « école » ou, au moins, une ensemble de personnes formées dans cette sous-discipline. C'est parfois le résultat de dynamiques de diversification, liées à l'industrie, à des coopérations particulières, à l'arrivée de chercheurs nouvellement formés à l'étranger, à l'opportunité d'innovations dans de jeunes universités.

Partout (et surtout au Maghreb) les *mathématiques* sont sur développées. Partout, les *sous disciplines de base dans le domaine du vivant* (biologie générale, biochimie, biologie cellulaire et moléculaire ; immunologie) ainsi qu'une variété de domaines médicaux (oncologie, hématologie, endocrinologie, etc.) restent sous-développées (sauf les neurosciences, fortes au Maroc). Le Maroc a cependant des points forts en biologie végétale, la Tunisie en matière d'élevage, l'Egypte en nutrition et en industrie agro alimentaire.

L'Egypte et tous les pays du Maghreb sont hyper-spécialisés en sciences de la matière avec une préférence marquée pour les sous-disciplines de base (chimie ou physique), toujours très développées. La situation dans les sciences de l'ingénieur est plus contrastée : l'Algérie fait une percée en informatique, en traitement du signal et en opto-électronique. L'Egypte, l'Algérie et la Jordanie (qui n'a pourtant pas de pétrole) partagent une forte spécialisation en Génie chimique, et en science des polymères. La pharmacologie est l'apanage de trois pays : l'Egypte, la Jordanie et le Maroc. Il reste à voir si c'est en collaboration avec des industriels...

Ce sont les pays du Machrek qui montrent un profil plus équilibré, grâce aux sciences appliquées : la Jordanie et la Syrie cultivent des points forts en toutes science agricoles et en écologie (la Syrie grâce, entre autres, à la présence de

l'ICARDA à Alep); le Liban en santé (cardiologie, génie biologique, santé publique). L'Égypte est sous spécialisée dans tous les domaines médicaux.

Ces indications peuvent être complétées par un examen des domaines où la progression a été la plus marquée ces dernières années. Les données montrent que l'évolution va dans le sens des spécialisations acquises : elle les conforte, et ne les corrige nullement.

L'impact des articles publiés par les pays méditerranéens, leur résonance dans la communauté scientifique mondiale, est relativement faible : trois à quatre fois moindre en moyenne que celui de travaux effectués dans les « métropoles de la science » ; mais aussi deux fois moindre que celui de travaux latino américains (Chili : impact moyen 0,5 ; Méditerranée : 0,25) ou dans d'autres pays en développement (Thaïlande, Afrique du sud... : impact 0,5). L'ensemble des 8 pays est au même niveau de ce point de vue (de l'Égypte : 0,20 au Maroc : 0,23).

Mais il y a des exceptions : *certaines sous disciplines dans chaque pays ont un impact supérieur*. Elles ne correspondent pas nécessairement aux domaines les plus traités (ceux de plus grande spécialisation). Des communautés scientifiques petites mais denses livrent souvent des résultats plus originaux que d'autres plus fournies. C'est l'occasion de rappeler ici que la science dans les « petits pays scientifiques » repose souvent sur des figures, de petits groupes de spécialistes, qu'il faut connaître et qu'il est primordial de cultiver et de soutenir sous peine de voir disparaître l'activité scientifique dans son ensemble.

L'écart entre impact et spécialisation est illustré par des figures qu'on trouvera dans les « leaflets » de chaque pays. Plusieurs sont reprises dans le rapport transverse de « macro bibliométrie. On y remarque par exemple qu'en Algérie les travaux d'écologie (qui n'est pas une grande spécialisation) ont un impact moyen plus élevé que ceux de physique nucléaire (qui en est une grande). Et que la petite communauté de chimie analytique affiche aussi un bon impact. De même en Égypte, l'impact est élevé en optique et électronique & traitement du signal (petite spécialité), et plus médiocre en Chimie (grande spécialité du pays). L'objet de la micro-bibliométrie consiste à mettre à jour ces spécialités (qui ne sont pas toujours les plus répandues) qui jouissent d'une *réputation* internationale forte. Il est utile de les connaître, d'identifier finement le potentiel (par sous domaines) et, enfin, de le localiser pour imaginer de nouvelles stratégies. C'est l'objet de la micro bibliométrie.

De nouveaux outils sont nécessaires pour effectuer ce travail de repérage au niveau le plus fin et c'est ce que propose ce rapport dans sa seconde partie. Par construction, ces outils sont disponibles *pour chaque pays*. Ils ne sont pas destinés à soutenir des synthèses régionales mais des stratégies locales adaptées. Le rapport présente des exemples pour illustrer leur usage et leur mode de construction.

Nous avons tenté de mieux cerner la production en la subdivisant en 100 sous domaines scientifiques et nous avons localisé les capacités installées pour chacun, par ville, institution, parfois laboratoire. Nous avons aussi répertorié les auteurs principaux, leur spécialité, leur affiliation institutionnelle, et nous avons mesuré leur rôle (concentration de la production). Ces données permettent de mieux approcher le potentiel actif de recherche.

Pour chaque pays, nous établissons alors :

- un **Tableau de bord** qui croise les lieux de production avec les sous disciplines, et hiérarchise leurs contributions.

Ce tableau peut-être établi sur le score de l'institution dans la sous-discipline (Etat des lieux) ou en calculant la progression de la production dans deux périodes

distinctes (Tableau des progrès). Un responsable national peut ainsi voir d'un coup d'œil les lieux et les points forts ou faibles. Il peut aussi apprécier les progrès en cours, que nous avons cartographié de même sorte. Typiquement ces tableaux permettent de repérer la contribution des universités, le rôle de certaines écoles ou instituts dans des créneaux spécifiques ou encore le rôle du secteur productif dans des domaines précis. Le Tableau des progrès a souvent révélé la montée en puissance des jeunes universités, la redistribution géographique des capacités, la diversification des spécialités et a permis d'identifier avec précision les problèmes de masse critique et de mutualisation des moyens qui en découlent. Il faut souligner que les résultats sont souvent inattendus et les réactions fortes.

- **Un Atlas des institutions** majeures.

Nous faisons ressortir pour chaque spécialité les contributions aux différents sous-domaines. On peut alors imaginer les points forts à faire valoir, les faiblesses à combler, les stratégies de recherche originale à développer à partir des forces installées (que l'on repère par le domaine que porte un établissement). Ainsi, par exemple, la Jordan University of science and technology (Irbid, Jordanie) a révélé un potentiel dans la pharmaco-toxicologie et le génie énergétique ; suivent d'assez près par les S&T de l'information communication (STICs) et le génie civil (BTP Transports). Ces points forts sont originaux et pertinents. C'est à des experts internationaux de dire si les sujets sont bien orientés (anticipateurs), ce qui semble être le cas pour JUST. L'Atlas de l'institution peut donc servir de document d'entrée d'une expertise qui participe de la stratégie de l'établissement et renforce la capacité de décision de l'institution. Enfin, la confrontation des Atlas permet de se poser des questions. Par exemple en Jordanie ce repérage a permis de montrer que JUST et Jordan University favorisent des spécialités similaires ; il y a donc un problème de différenciation. Ou encore, au Maroc, une Université (celle de Kenitra) qui concentre ses nouvelles forces en toutes disciplines sur les questions de « l'Eau » : elle construit ainsi un « label » dans le pays.

- les **Réseaux de collaboration** qui structurent la recherche (dans une spécialité, une institution, un pays).

Nous incluons dans cette étude celle des coopérations. On notera que les points forts sont structurés par des réseaux durables. L'analyse peut se faire à l'échelle des établissements. La carte des collaborations tracée dans chaque cas fait ressortir des réseaux de petite taille, bâtis autour d'une figure (et plus souvent d'un binôme très productif) avec une poignée de coopérants étrangers fidèles. Les spécialités fortes sont souvent structurées par un réseau dense (dont tous les membres sont en relation mutuelle), ou/et interdisciplinaire (deux noyaux de spécialité différente, reliés par une « figure » ; ex. : génie énergétique-méca/thermo, ou botanique-chimie organique autour de questions de pharmacologie). Les exemples analysés montrent des collaborations entre membres d'un même établissement qui sont peu mobiles (inter- universités). Au lieu de voir cela comme un inconvénient il est possible d'imaginer des stratégies d'établissement tablant sur un personnel stable et qualifié.

Les collaborations entre établissements sont très différentes de celles des individus. Les collaborations internationales sont généralement « exclusives ». Les institutions étrangères ne collaborent pas entre elles ; et elles sont rarement en tiers dans des collaborations engagées sur le plan national. Le rapport discute la portée et la valeur stratégique de chaque configuration.

Enfin les collaborations au niveau d'un pays sont présentés avec deux exemples : la Jordanie et l'Algérie. La Jordanie est fortement structurée par ses deux universités principales de recherche (JUST et Jordan U), liées, et qui s'associent à de nombreux établissements, privés ou publics – mais à peu d'autres universités. En Algérie, les réseaux sont nombreux et dispersés. Chaque établissement a les siens, avec ses partenaires étrangers multiples. Toutefois, des configurations inédites peuvent apparaître. En Jordanie, un réseau long relie plusieurs universités locales dans un domaine précis (opto-électronique). C'est une sorte de laboratoire sans murs, ou de réseau de (presque) toutes les compétences nationales du domaine. Une autre configuration d'intérêt met en coopération des laboratoires de plusieurs pays, notamment européens et maghrébins, sur des objectifs ambitieux (par ex. travaux sur des maladies génétiques). Cette figure traduit la participation à de grands projets internationaux, qui haussent le niveau.

Il est possible d'imaginer pour des spécialistes des domaines d'effectuer une confrontation de Tableaux de bord pour un ensemble de pays et faire surgir ainsi des tendances fines, des faiblesses régionales, des tendances à contre courant, des progrès partagés ou des involutions inattendues. Une politique visant à suggérer des alliances ou des coopérations et qui permettraient de corriger les carences dans le voisinage géographique est envisageable à partir de cette mise en commun des observations à ce niveau le plus fin. Les Tableaux de bord seraient ainsi des outils permettant de construire la masse critique nécessaire au développement scientifique.

Les résultats bibliométriques situent les pays méditerranéens étudiés parmi les pays en développement « intermédiaires », encore hésitants à soutenir la science et l'innovation. Ils montrent aussi une *progression* spectaculaire, surtout au Maghreb depuis 20 ans et plus vite que dans le reste du monde. Seule une politique suivie, perspicace, appuyée sur des coopérations judicieuses et bien sûr financée peut renforcer cette émergence de capacités scientifiques fortes. La bibliométrie pourrait s'avérer un outil essentiel du renouveau scientifique des pays de la Méditerranée.

Liste des Tableaux

Tableau 1. Production en 2006	14
Tableau 2. Parts dans la production mondiale. En pour mille (‰)	14
Tableau 3. Taux de croissance 2001-2006	15
Tableau 4. Spécialisations, sciences de la matière.....	24
Tableau 5. Spécialisation 2001, sciences du vivant.....	25
Tableau 6. Evolution des spécialisations	26
Tableau 7. Principaux laboratoires au Maroc (Tableau de bord sciences de base et sciences de l'ingénieur).....	35
Tableau 8. Principaux laboratoires au Maroc (Tableau de bord sciences naturelles).....	36
Tableau 9. Principaux sites du Maroc. Quelques universités nouvelles et leurs spécialités..	37
Tableau 10. Principaux progrès au cours de la décennie, par sites et domaines (Maroc).....	39
Tableau 11. Auteurs les plus productifs et leur score (nombre d'articles enregistrés par PASCAL entre 1987 et 2003).....	47
Tableau 12. Auteurs dans le Génie énergétique, JUST et Jordan Univ., Jordanie	49
Tableau 13. Nombre d'articles, Génie Energétique, JUST et Jordan Univ., Jordanie.....	50

Liste des figures

Figure 1. Parts de la production mondiale.....	12
Figure 2. Evolution des publications des 7 pays méditerranéens, 1987-2006	16
Figure 3. Evolution des publications des pays du Maghreb, 1987-2006	17
Figure 4. Evolution des publications Syrie, Jordanie, Liban, 1987-2006.....	18
Figure 5. Spécialisation de divers pays en développement	20
Figure 6. Spécialisation de l'Algérie	21
Figure 7- Trois pays du Maghreb et l'Egypte.....	22
Figure 8- Egypte et 8 pays du Moyen-Orient	22
Figure 9. Algeria specialisation index and impact index for the top disciplines (2001)	28
Figure 10. Egypt: specialisation index and impact index for the top disciplines (2001)	29
Figure 11. Spécialités JUST 1987-2003.....	44
Figure 12. Spécialités comparées JUST et Jordan Univ, 1987-2003.....	46
Figure 13. Collaborations entretenues par les auteurs d'une institution (HIAST, Syrie)	53
Figure 14. Collaboration entretenues par une université: Jordan University.....	54
Figure 15. Coopérations entretenues par un département de l'IAV (Maroc).....	57
Figure 16. Les collaborations entretenues par la Jordanie	58
Figure 17. Collaborations dans les travaux sur les maladies génétiques (Algérie).....	60
Figure 18. Collaborations autour de l'Université de Tlemcen (Algérie)	61

Introduction. Intérêt et principes de la bibliométrie

A des degrés divers, les pays méditerranéens sont de « petits pays scientifiques ». Cela ne veut pas dire pas qu'ils n'ont pas de brillantes capacités, dans des domaines pour eux importants. Cela signifie que, avec de petites communautés savantes, et des moyens rares, il leur faut choisir des niches pertinentes (anticipatrices, scientifiquement et socio économiquement).

Il leur faut d'abord **bien connaître leur potentiel**. Le décompte des publications récentes en donne une première mesure. C'est l'objet de la **bibliométrie**. Celle-ci s'appuie sur de grandes bases bibliographiques internationales, faites pour informer au plus vite les chercheurs sur ce qui vient de paraître et qui compte dans leur domaine. Ces bases dépouillent un (vaste) noyau de Revues spécialisées du monde entier, qui s'élargit selon des règles précises. Elles en rapportent le contenu (auteurs, affiliations, sujet traité, parfois toutes références faites à d'autres articles). Consultées sur de longues périodes, elles permettent de *comparer* la production des différents pays, et son *évolution* dans le temps.

La méthode a ses limites et il ne faut pas fétichiser l'instrument. L'expérience montre toutefois que les grandes bases bibliographiques manquent rarement les auteurs, laboratoires et institutions majeurs ; et qu'elles surveillent toute la planète. C'est vrai notamment pour la production en sciences de base (dont les chercheurs du monde entier visent les revues indexées). Mais la médecine et les sciences de l'ingénieur y sont aussi très présentes, comme on le verra à partir de nos résultats¹.

Pour chacun des pays du projet ESTIME nous avons analysé la production globale, son évolution dans le temps, par grandes disciplines, puis par sous disciplines. Nous avons fait ressortir les spécialisations remarquables, et mesuré « l'impact » des publications (l'attention qu'elles suscitent, mesurée aux citations reçues). Ces résultats font l'objet d'un chapitre nourri dans les rapports « pays » du projet. Nous procédons ici à une *synthèse régionale*. Elle porte sur tous les points précédents. Nous comparons les pays entre eux (et par sous régions : Maghreb, Moyen orient, Egypte). Et nous établissons la comparaison avec des pays en développement typiques d'autres régions².

Ces données nous sont apparues cependant trop grossières, pour guider les responsables locaux. Nous avons donc développé une **bibliométrie fine** en utilisant la base de données bibliographique PASCAL au lieu du SCI³. Nous avons distingué 100 domaines de science, et nous avons poussé la localisation des capacités non seulement au niveau des pays, mais à celui des villes et des institutions qui servent de cadre à la production. Nous avons ainsi établi dans chaque pays un *Tableau de bord*, croisant les lieux et les établissements avec les sous disciplines, et hiérarchisant les scores obtenus. Un responsable national, ou

¹ Les *sciences humaines et sociales* posent un problème particulier, voir en fin de cette introduction.

² Nos « témoins » sont le Chili (pour l'Amérique latine), la Thaïlande (pour l'Asie) et l'Afrique du sud (puissance scientifique en Afrique).

³ Le Science Citation Index (SCI), produit par l'ISI de Philadelphie, USA, a l'avantage de relever toutes les citations faites par les articles dépouillés. Il permet de calculer des indices « d'impact » (voir plus bas). La base PASCAL, produite par l'INIST, France, a l'avantage d'attribuer un code matière précis à chaque article dépouillé. Elle permet de répartir précisément la production par sous disciplines. Les deux bases analysent environ 5 000 Revues mondiales, de tous domaines, avec un fort noyau commun..

celui d'une institution particulière, peut ainsi voir d'un coup d'œil les lieux et les points forts ou faibles. Il peut aussi apprécier les *progrès* en cours, que nous avons cartographié de même sorte.

Nous avons aussi répertorié *les auteurs* principaux et leur affiliation, domaine par domaine. Nous avons dessiné le réseau des collègues avec lesquels chacun cosigne des œuvres. Ces données permettent d'appréhender les noyaux durs de la production, et de mieux évaluer le *potentiel actif* de recherche. Ce dernier est fort différent du potentiel théorique (la somme des personnels supposés statutairement faire de la recherche).

Nous nous sommes enfin intéressés aux *coopérations* (internationales) et aux collaborations (nationales), qui structurent la recherche dans les institutions majeures et dans chaque pays. Nous avons tracé leurs graphes, et nous les commentons.

Le présent volume est consacré aux **Sciences exactes et naturelles**.

Un volume spécial est consacré aux **Sciences humaines et sociales**. Les bases SCI et PASCAL ne les concernent pas. Aucune base généraliste n'est satisfaisante à leur propos. En utilisant le catalogue d'une très grande Bibliothèque (celle de la Fondation Abdulaziz de Casablanca), nous avons pu cependant en faire l'étude approfondie au Maghreb (volume, thématiques, évolution des disciplines, effets de langue, effets pays...).

Première section

Situation d'ensemble des sciences exactes et naturelles

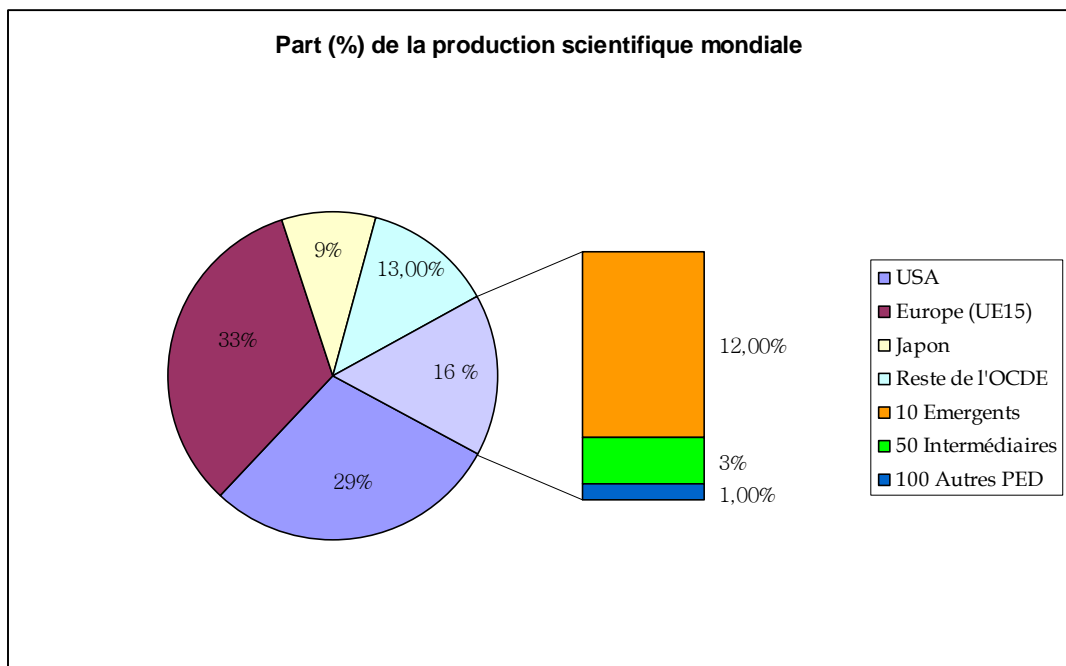
1 Chapitre 1. Un dynamisme exceptionnel

1.1 Des pays « intermédiaires ».

Comparés aux pays dits de la Triade (Europe, Etats-Unis, Japon) qui concentrent 70 % des capacités mondiales en Sciences & Techniques les pays méditerranéens sont de « petits pays producteurs ». Chacun le sait, et ce n'est peut être pas la meilleure manière d'aborder la question. Il est sans doute plus pertinent de les situer dans le continuum des pays en développement, où ils apparaissent comme « intermédiaires », avec leurs spécialités propres, leurs dynamismes, et des atouts pour imaginer des stratégies appuyées sur ces particularités.

Si l'on se rapporte aux publications indexées par le *Science Citation Index*, ce continuum se différencie assez vite entre :

Figure 1. Parts de la production mondiale



Source: SCI pour l'année 2003.

- Une dizaine de « tigres » et de pays *émergents*, qui approchent à grands pas de scores européens⁴ (la Chine produit plus que la France, l'Inde et la Corée du sud sont au coude à coude avec les Pays Bas).

Ce sont des pays qui misent, souvent depuis des décennies, sur leurs capacités scientifiques et techniques autant que sur leurs ressources naturelles. La dépense de recherche y est supérieure à 1% du PIB. La contribution des entreprises est souvent importante (R&D). La recherche est poursuivie pour elle-même. Elle fait l'objet d'une politique attentive, appuyée sur des dispositifs sans cesse réévalués.

- Une cinquantaine de pays *intermédiaires*, dont la production scientifique est plus faible mais régulière (de 200 à 4 000 publications annuelles indexées). La difficulté est pour eux de constituer des masses critiques dans des niches opportunes. La conception de ces niches est délicate, et la politique suivie nécessite persévérance.

Quelques uns de ces pays ont pris la posture de « candidats tigres » et progressent rapidement (Argentine, Chili, Thaïlande, Malaisie...). D'autres ne soutiennent qu'épisodiquement l'activité scientifique, incertains de sa fonction, inexpérimentés dans son pilotage, ou sceptiques et n'y voyant qu'une dépense ostentatoire. **Les pays arabes** font à peu près tous partie de ces pays intermédiaires, et le spectre de leurs motivations au soutien est large⁵. Lorsque l'aide de l'Etat fait défaut, la profession et quelques établissements respectueux des standards s'efforcent de maintenir le niveau.

- Le reste du monde (une centaine de « tout petits pays scientifiques ») est dans une situation plus difficile. La production (de 1 à 200 publications annuelles) est aléatoire.

Elle repose sur des figures, des cénacles ou de petits groupes de spécialistes, fermement attachés à leur activité et soutenus, avec plus ou moins de continuité et de discernement par l'aide internationale. Les gouvernements s'estiment trop pauvres pour financer l'activité. Leur orientation les détourne parfois de miser sur le capital humain (ou même leur inspire mépris et hostilité pour la profession).

On notera que l'appartenance à ces 3 catégories n'est pas mécaniquement liée à la taille du pays, à ses ressources (notamment naturelles), à la richesse des nations concernées. L'histoire, le type du régime politique, les options de développement (anciennes et actuelle), la nature des élites et l'ancienneté des universités, la situation de paix sont des facteurs souvent décisifs⁶.

⁴ En 2006 : Chine : 56 000 références; Corée du sud : 22 000 ; Inde : 20 000 ; Brésil : 15 000 ; Taïwan : 14 000 ; Israël : 9 200 ; Mexique : 6 000 ; Argentine : 4 900 ; Singapour : 5 400.

⁵ Ceux qui n'ont pas de rente (pétrolière en particulier) sont les plus réguliers dans leur soutien.

⁶ Singapour est un tout petit pays (aux plans géographique et démographique) sans ressources naturelles, auquel lors de son indépendance, les augures ne promettaient nul développement. Moins d'un demi siècle plus tard, c'est un pays de bon niveau européen, aux plans économique et social. La Corée du sud en est au même point.

1.2 Pays arabes et Méditerranéens : des volumes encore modestes...

Le tableau suivant indique les scores de publication de 7 des pays Méditerranéens sous étude⁷. Nous y avons ajouté, pour information, celui d'autres pays de la région, et à titre comparatif, celui de pays « témoins » d'autres continents.

Tableau 1. Production en 2006

MA	DZ	TU	EG	JD ^o	LB	SY	Saudi	Iran	Chili	Thaïl	ZAF
756	728	1079	2743	387	459	117	880	4291	2910	2522	3851

Source : SCI. Traitements Rossi, Waast.

Ces scores somme toute modestes (même au cas de l'Egypte, pourtant pays productif de longue date) **totalisent un peu moins de 1% de la production mondiale**.⁸ Ils assurent néanmoins aux pays Méditerranéens une place de tête en Afrique, et d'honneur dans leur environnement asiatique.

Tableau 2. Parts dans la production mondiale. En pour mille (‰)

En ‰	MA	DZ	TU	EG	JD	LB	SY	Saudi	Iran	Chili	Thaïl	ZAF
Part Monde SCI 2001 (OST)	1,3	0,55	0,8	3,23	0,62	0,41	0,15	1,13	1,9	2,6	1,66	4,84
Part Monde Pascal 2003	1,8	0,95	1,95	3,12	0,67	0,55	0,15	nd	nd	nd	nd	nd

Sources : SCI 2001 : OST pour ESTIME ; Pascal 2003 : IRD pour ESTIME.

Note technique : Les Parts monde sont calculées sur des années passées, pour pallier le retard d'enregistrement des bases. Les écarts entre SCI et Pascal tiennent à la différence des journaux dépouillés par les deux bases. Pascal couvre mieux le Maghreb et le Proche orient ; le SCI mieux l'Egypte et le Moyen orient. Les progrès enregistrés les 5 dernières années (notamment au Maghreb) suggèrent des parts mondiales actuellement plus importantes.

Derrière l'Afrique du sud, l'Egypte se place seconde sur son continent, suivie désormais par la Tunisie, le Maroc et l'Algérie groupés. Le Nigeria et le Kenya, puissances qui ont compté, sont largement distancés. Au Moyen Orient, seul l'Iran fait mieux (il est en très forte croissance). L'Arabie saoudite à grands frais se situe au niveau de pays du Maghreb. Elle est suivie par la Jordanie et le Liban⁹.

Ces scores masquent le fait qu'une *base scientifique forte* s'est aujourd'hui construite dans plusieurs pays Méditerranéens. Elle repose (nous le verrons) sur un socle solide de sciences fondamentales. Elle ne dépend plus de seules figures de proue, mais de cercles de spécialistes, parfois groupés dans des laboratoires solidement établis (Tunisie). En dépit de conditions de vie et de travail très

⁷ Les Territoires sous autorité Palestinienne ne sont pas identifiés clairement par le SCI. Leur score est évidemment modeste (87 publications répertoriées par PASCAL en 2001_2003, avec des spécialités précises (voir plus bas). La « part monde » est très limitée (0,05 pour mille)

⁸ Environ 1 % en 2006, d'après le Web of science 2006 (contre 0,75 % en 2000). Chiffre arrondi compte tenu des écarts notables entre bases.

⁹ Les pays du Golfe ensemble équivalent à l'Arabie Saoudite et chacun pèse peu.

inégales, instables et parfois dissuasives¹⁰, la communauté parvient à créer des compétences de façon continue. Malgré le soutien versatile des gouvernements, et l'hémorragie périodique des encadreurs, le phénix renaît toujours de ses cendres.

On peut admirer que les plus noires années (guerres civiles au Liban dans les années 80, en Algérie dans les années 90...) n'aient pas entraîné l'effondrement de la production ; mais son blocage, suivi d'un essor dès qu'a surgi une embellie.

1.3 ... mais une dynamique spectaculaire.

Le trait saillant, qui témoigne de la consolidation d'une communauté scientifique, est sans conteste l'irrépressible **croissance des scores Méditerranéens**. Les tableaux et graphiques suivants en font foi.

Dans la courte période des 6 dernières années (relativement paisible) le bond en avant de la production scientifique est spectaculaire. Il est extraordinaire au *Maghreb*¹¹ et sensible au proche Orient (notamment au Liban, qui se remet de sa guerre civile). Il est non négligeable en Egypte (qui partant de plus haut ne peut progresser aussi vite). Par comparaison, le reste du Moyen Orient (sauf Iran) est relativement stagnant. Ailleurs dans le monde, des pays en développement ambitieux progressent aussi vivement – mais pas plus que le Maghreb¹².

Tableau 3. Taux de croissance 2001-2006

	MA	DZ	TU	EG	LB	JD	SY	Saudi	Iran	Chili	Thaïl	ZAF
Croissance 2006/2001	0,98	2,0	2,05	1,23	1,60	1,4	1,33	1,14	2,70	1,5	1,85	1,16

Source : SCI. Traitements Rossi, Waast.

Il est important de considérer l'évolution *sur longue période* : c'est ainsi que l'on peut apprécier le véritable ancrage d'une capacité de recherche, et les chances qu'elle offre au développement.

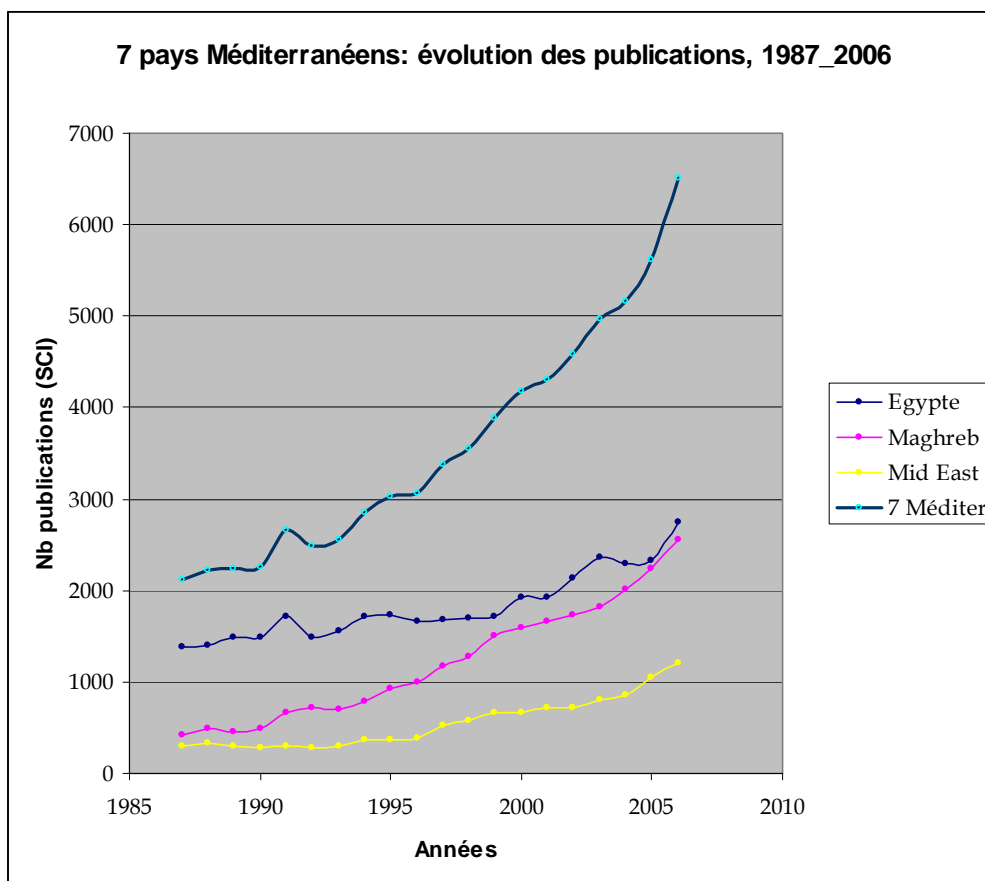
La percée des Tigres et des pays émergents aujourd'hui posés en modèles est le fruit de longs investissements, continus (plusieurs décennies) dans l'éducation et dans la recherche elle-même. **En Méditerranée, l'effort est récent** : la science moderne a partie liée à la construction d'Etats nations, post indépendance. La recherche s'exerce dans des établissements dont elle n'est pas la mission principale (Universités d'enseignement plus que de recherche ; Instituts de mission – en santé, agriculture, halieutique... - priorisant des tâches de routine plus que d'investigation). Sauf exceptions, le soutien que reçoit l'activité est fluctuant.

¹⁰ De façon chronique (au Maroc ou en Egypte), de façon brutale lors de crises politiques profondes (en Algérie, au Liban), des scientifiques en nombre quittent, pour longtemps ou pour toujours, la profession voire le pays.

¹¹ Le Maroc, pour des raisons analysées dans le rapport pays, connaît une inflexion après 15 ans de progression spectaculaire.

¹² Dans le même temps, la production enregistrée est multipliée par 2 en Chine ; par 1,6 à 1,7 en Inde, en Corée du sud, à Taïwan et à Singapour ; par 1,5 au Brésil et au Mexique. Tous ces pays partent de niveaux déjà élevés.

Figure 2. Evolution des publications des 7 pays méditerranéens, 1987-2006



La figure ci dessus (Source : SCI. Traitements Rossi, Waast) montre pourtant une véritable *montée en puissance* au cours des deux dernières décennies.

La progression est très *supérieure* à celle enregistrée dans le même temps par *la production mondiale*. La part de la région dans cette production a donc augmenté. Elle a plus que doublé en 20 ans, passant de l'invisible à quelque 1 %.

Ce résultat est dû principalement au **dynamisme du Maghreb**, dont les scores ont sextuplé en 20 ans. Algérie, Maroc et Tunisie, aujourd'hui à peu près à même hauteur, égalent ensemble la production de l'Egypte.

Il est vrai que ces trois pays partaient de peu en 1987 (leur timide apparition se fait jour au plus tôt en Tunisie vers 1970, dix ans plus tard au Maroc et en Algérie). Les pays du Machreq, et surtout l'Egypte avaient une avance (du fait en particulier d'une décolonisation plus ancienne). Les vicissitudes politiques y ont malheureusement bridé l'élan.

1.4 Les avancées sont sensibles aux vicissitudes politiques...

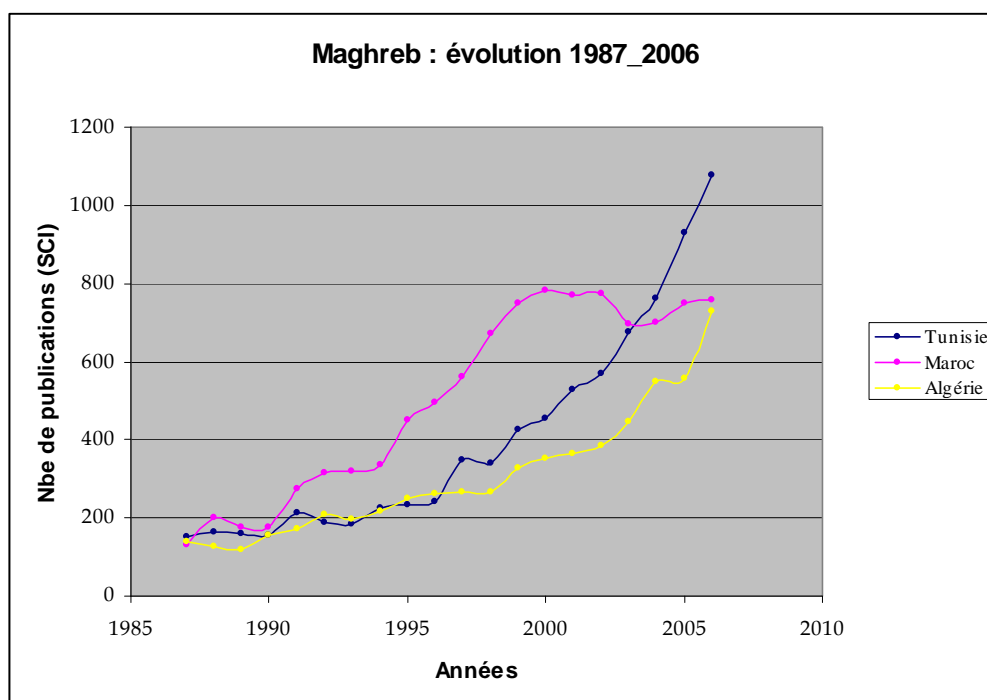
Les progressions varient selon les pays. Elles reflètent évidemment les convulsions historiques, et les aléas du soutien gouvernemental en chaque cas.

Au Maghreb la production *de l'Algérie* est restée en suspens durant les années d'attentats et de violence : de 1985 à 1996. Elle connaît ensuite un nouveau départ, fouetté par le soudain intérêt de l'Etat et par son financement soutenu à compter de 1999.

Le *Maroc* avait pris une sérieuse avance dans les années 1990. La profession y est bien traitée (payée, considérée) ; elle est régulée par l'obligation de passer

des thèses ou/et de présenter des dossiers de recherche, pour chaque changement de grade (notamment à l'Université). La malheureuse suppression en 2003 du très actif Ministère de la recherche a laissé en suspens le financement national par appels d'offre, et la structuration de laboratoires stables et agréés. On a poussé à la retraite anticipée nombre de cadres fonctionnaires – dont des figures de la recherche. Les outils d'évaluation, l'identification fine des niches anticipatrices, le service fonctionnel aux chercheurs (documentation sur le bureau) et les mesures incitatives en faveur des plus actifs sont autant de réformes envisagées mais retardées. Même si des réalisations ont suivi leur cours (plateformes d'analyse performantes) force est de constater que la production plafonne aujourd'hui.

Figure 3. Evolution des publications des pays du Maghreb, 1987-2006



Source SCI. Traitements Rossi, Waast

La Tunisie est certainement le pays Méditerranéen qui fait preuve du soutien le plus constant et le plus conséquent aux activités scientifiques. Tous les outils de structuration sont en place (laboratoires interinstitutionnels agréés et financés pour 4 ans ; conseils d'évaluation et d'orientation, faisant appel à des spécialistes internationaux ; services aux chercheurs ; outils de liaison à l'industrie...). L'effort budgétaire est considérable, et s'est encore accentué depuis 5 ans. La recherche est traitée comme un outil de développement, gage de montée en gamme. Les résultats grimpent en flèche.

Au Machreq, la progression est plus lente. Et la situation est variable.

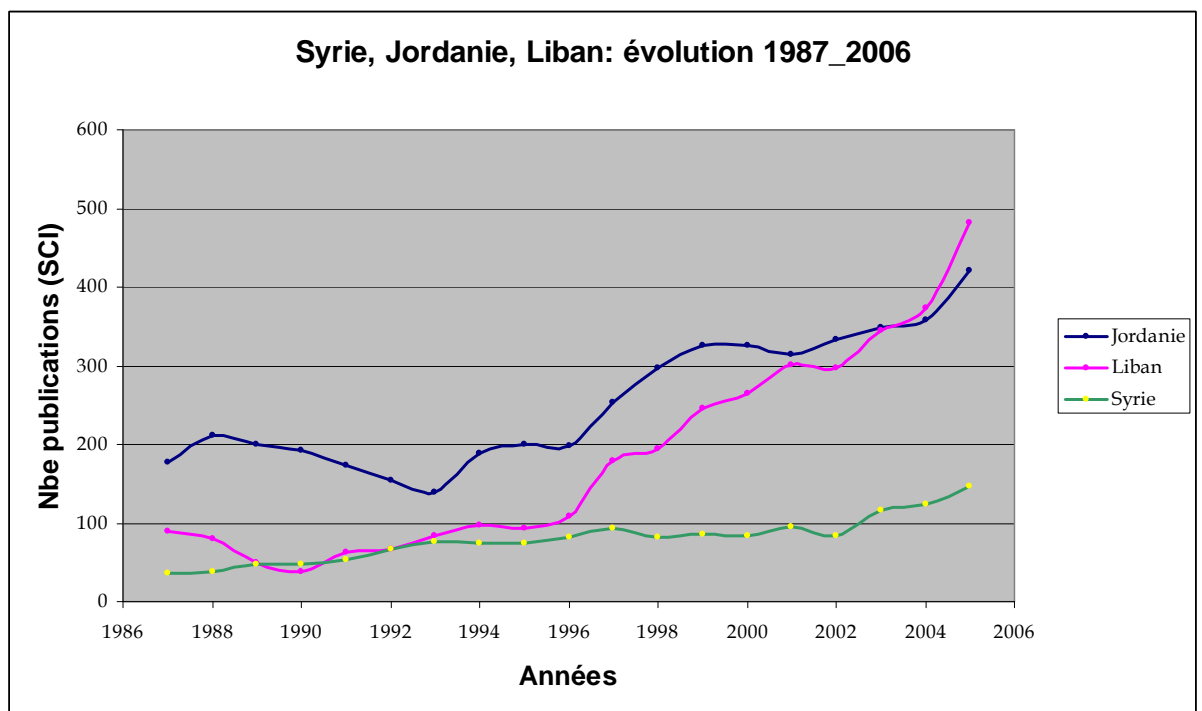
Au Liban, la production a été mise à mal par la guerre civile des années 80. Depuis lors, elle connaît un sursaut remarquable, à l'initiative essentielle de 3 ou 4 Universités qui tiennent à leur standing (la recherche en fait part intégrale). Des académiques de qualité ont regagné le pays. Ils mettent à profit leurs relations, maintenues, avec les laboratoires qui assuraient leur accueil précédemment (en

Europe ou en Amérique). L'Etat intervient assez peu, bien qu'un CNRS nouvellement créé se montre actif et finance des projets sur appel d'offres¹³.

La production de la Jordanie a été atteinte par la première guerre du Golfe. Elle progresse depuis lors, mais l'Etat croit peu à la recherche académique. L'effort gouvernemental porte plus sur le soutien à l'innovation, et à l'absorption par les entreprises locales de technologies classiques. Le statut de l'universitaire n'est pas très élevé. C'est un notable, prisonnier souvent des devoirs envers sa famille (au sens large, et jusque dans son emploi du temps). Pourtant, des points forts et originaux se sont développés dans quelques facultés phare – notamment à JUST, à Yarmouk, et à Amman (Jordan University). Nous verrons plus loin qu'ils sont d'intérêt industriel (pharmacie, génie énergétique...). Les Centres de recherche (habituellement plus tournés vers la « technologie ») ne publient guère, et sont ici peu nombreux.

La Syrie a la posture inverse. Elle fait confiance essentiellement à de tels Centres (en agriculture, hydraulique, nucléaire...), considérés comme « stratégiques » et relevant de l'autorité militaire ; tandis que les universités ont été longtemps laissées à elles mêmes (quitte, comme celle d'Alep, à développer de réelles capacités d'ingénierie). L'activité scientifique du pays est mal couverte par les bases de données mondiales, car une part non négligeable de la production est publiée dans une langue qui leur est presque inconnue : l'Arabe.

Figure 4. Evolution des publications Syrie, Jordanie, Liban, 1987-2006



Source SCI. Traitements Rossi, Waast

L'Égypte enfin reste le « géant » de la région (cfr. fig. 2).

¹³ Il est vrai pour un total bien moindre que le mécénat, les contrats privés et l'aide internationale, ici très marqués.

Le nombre de ses étudiants, et celui des universitaires est considérable. Les Centres de recherche sont aussi de grande taille (en agriculture ; en sciences de base et de l'ingénieur ; en recherche nucléaire ; moins en santé)¹⁴. Des conditions de vie et de travail difficiles ont fait de l'exil dans le Golfe (au moins temporaire) un passage souvent obligé pour les personnels enseignants.

Il reste que le pays a une tradition académique de longue date, des établissements respectables, et une capacité reconnue en de nombreux domaines : les publications, reçues par les meilleures revues internationales, en témoignent. Sur ce plan l'Égypte progresse, plus lentement que les autres pays de la région. On se l'explique, dans la mesure où elle part de plus haut, et de plus longtemps. Depuis 2000 un rebond est sensible. Le « potentiel actif » semble toutefois avoir atteint un maximum, provisoire car le potentiel théorique laisse une vaste marge.

1.5 ... mais l'activité scientifique devient relativement autonome

Nous avons souligné que malgré les avanies dues à un soutien inconstant de l'État, et à des guerres cruelles, la production scientifique Méditerranéenne n'a pas été détruite en 20 ans. Ce fait est remarquable. Il différencie la région de celles, voisines, du Moyen orient (où les effets de guerre ont été désastreux) ou d'Afrique sub-saharienne (où le retrait de l'État a subordonné la recherche à un marché international du travail scientifique, échappant aux institutions, et commandant l'agenda comme les stratégies de choix de sujet).

Dans la région Méditerranéenne, la recherche demeure institutionnalisée. Les chercheurs sont attachés à l'activité et à ses normes. La dynamique puissante, observable depuis plus d'une décennie, en particulier au Maghreb, résulte de ***l'ancrage de l'activité dans des professions*** qui lui ont d'abord servi de niche : médecins, ingénieurs et universitaires¹⁵. Même si sa fonction est mal reconnue, la profession de chercheur existe : elle a son statut ; elle inculque des normes et maintient les standards. Le passage à l'Université de masse, avec recrutement de nombreux enseignants, n'a pas diminué cet engagement mais multiplié ses adeptes.

Les chercheurs disposent en outre d'une ***bonne insertion internationale*** (en Europe en particulier). Des coopérations, formelles ou informelles, ont assuré leur maintien au travail, lors même que l'environnement y était défavorable.

Sur ce plan, la situation est variable dans le temps, et selon les pays (on se reportera aux rapports les concernant). Le trait général reste celui d'une certaine ***précarité***. Mais un espace social pour la science est construit. Pour faire un bond supplémentaire en avant, il est certain qu'une ***politique*** favorable, suivie, perspicace, et bien sûr financée est indispensable.

¹⁴ Tous les chercheurs supposés ne sont pas actifs : loin s'en faut. Et d'aucuns prétendent que les enjeux académiques, voire le mandarinat, interfèrent dans les jugements sur la qualité des travaux.

¹⁵ Il ne faut pas non plus négliger le rôle de certains établissements (universités de recherche), et parfois des organes d'une communauté scientifique (associations savantes, académies, congrès, revues) qui reste certes imparfaite mais dont on aperçoit les prémisses.

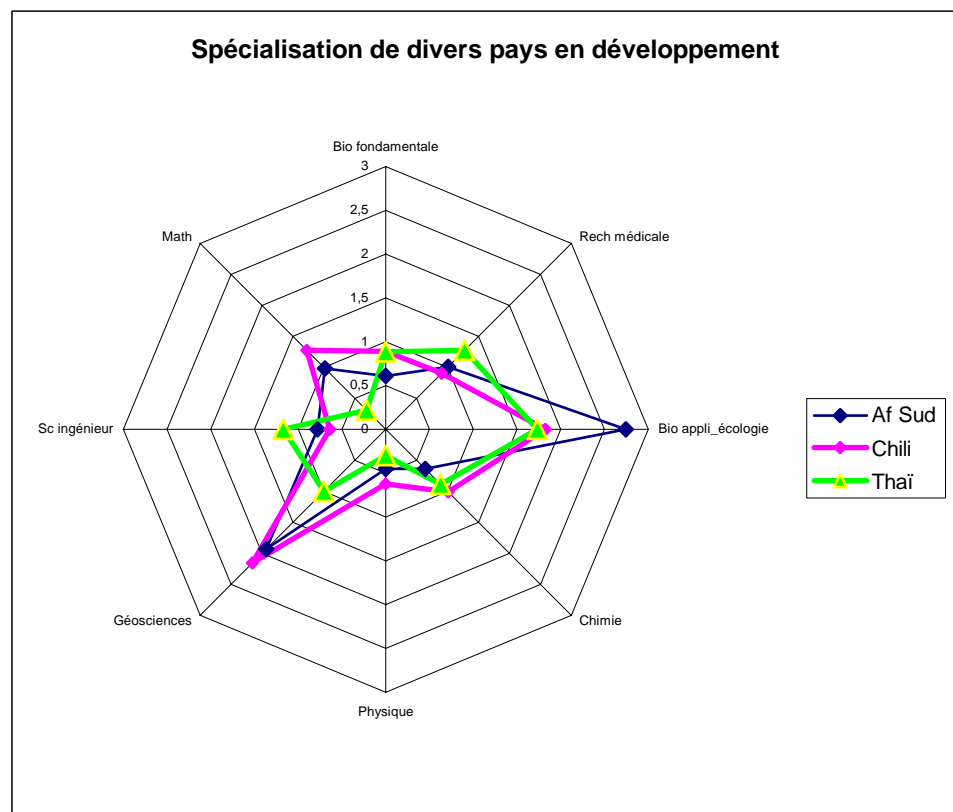
2 Une spécialisation particulière.

2.1 Les sciences de la matière plus que de la vie.

Le profil de publication des 8 pays Méditerranéens présente une particularité. Il est très **centré sur les sciences de base et de l'ingénieur**, avec une notable **sous spécialisation en sciences du vivant**.

Ce profil les différencie du reste de l'Afrique (presque toute centrée sur les sciences agricoles et médicales). Mais aussi des autres pays en développement : de l'Asie à l'Amérique latine, peu ou prou industrialisés, ceux-ci conservent une prédilection (et en tous cas des points forts) en matière de sciences naturelles. Les schémas suivants l'illustrent.

Figure 5. Spécialisation de divers pays en développement



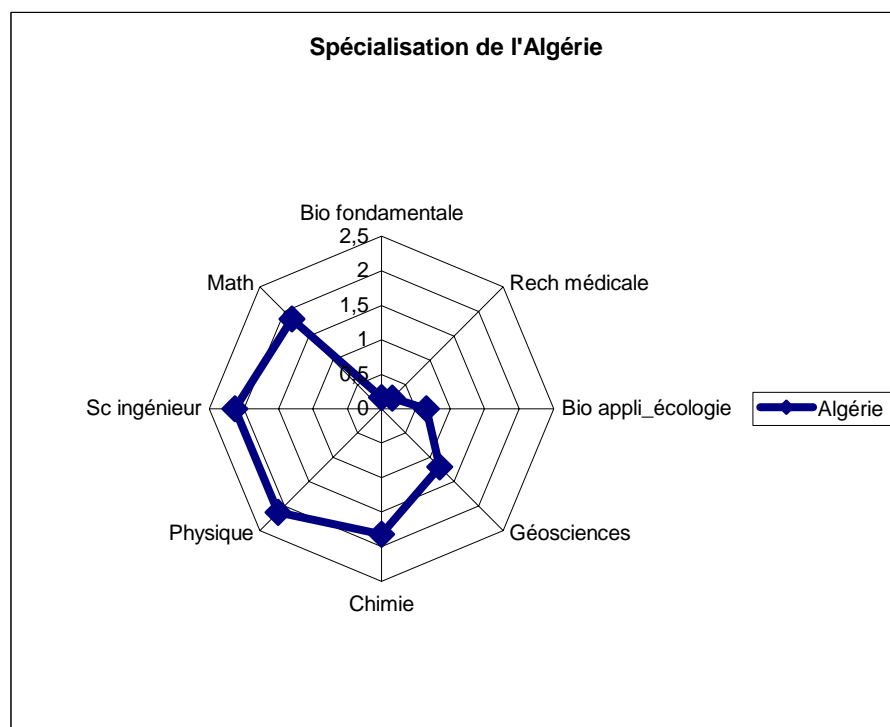
Source : SCI année 2001; OST pour ESTIME

Note technique : La « spécialisation » dans une discipline est une comparaison avec la situation courante dans le reste du monde. Elle prend en compte la proportion de cette discipline dans le pays (nombre de ses publications sur le nombre total de publications du pays), et la divise par la même proportion dans le monde. La valeur « 1 » de cet indice correspond à la norme mondiale. Supérieur à 1 il marque une « spécialisation ». Inférieur il est signe de « sous spécialisation »

Les trois pays « témoins » (Afrique du sud, Chili, Thaïlande) représentent assez bien chacun leur région du monde. Ils affichent tous une « pointe » marquée en biologie (surtout appliquée), et parfois en géosciences¹⁶.

C'est l'inverse en Algérie, qui présente le profil méditerranéen à son paroxysme (figure suivante). Les sciences biologiques et même les géosciences sont réduites à la portion congrue, face aux math, à la physique, à la chimie et aux sciences de l'ingénieur.

Figure 6. Spécialisation de l'Algérie



Source : SCI année 2001; OST pour ESTIME

2.2 Variations d'un pays à l'autre

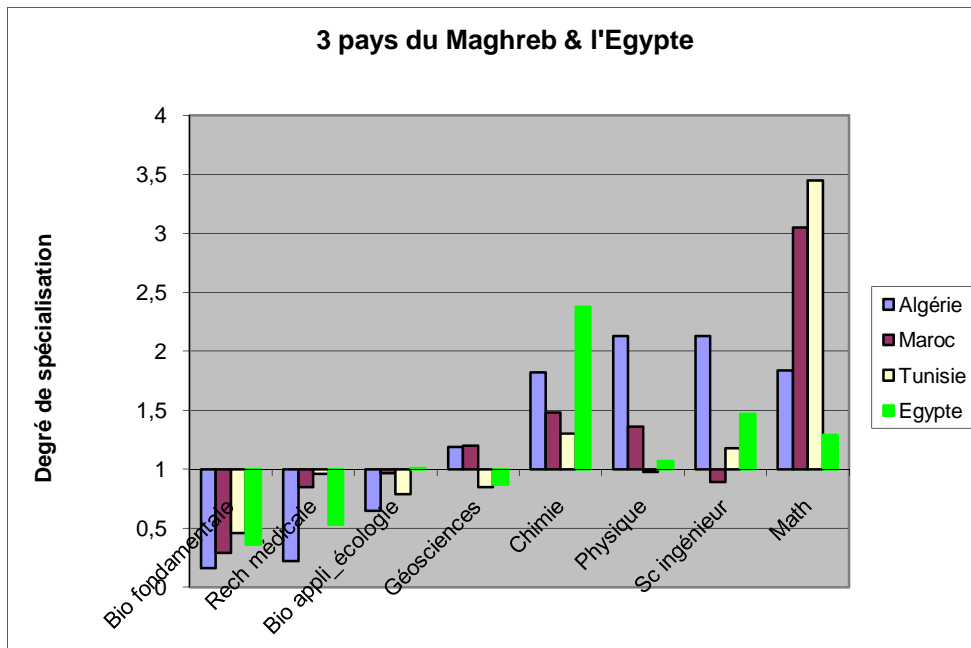
Toutefois, il existe de sérieuses **nuances entre les 8 Pays Méditerranéens**.

Les schémas suivants le font ressortir.

L'axe des X est réglé sur « 1 », chiffre neutre du point de vue de la « spécialisation ». Les disciplines débordant vers le haut (« spécialisation » supérieure à 1) témoignent d'une activité plus intense que dans le reste du monde. C'est le contraire si la « spécialisation » est inférieure à 1.

¹⁶ Il en va de même au Brésil, au Mexique..., et dans la plupart des pays asiatiques. La Chine seule présente un profil très centré sur les sciences de l'ingénieur, et sur la physique, la chimie et les mathématiques, comme les pays méditerranéens.

Figure 7- Trois pays du Maghreb et l'Egypte

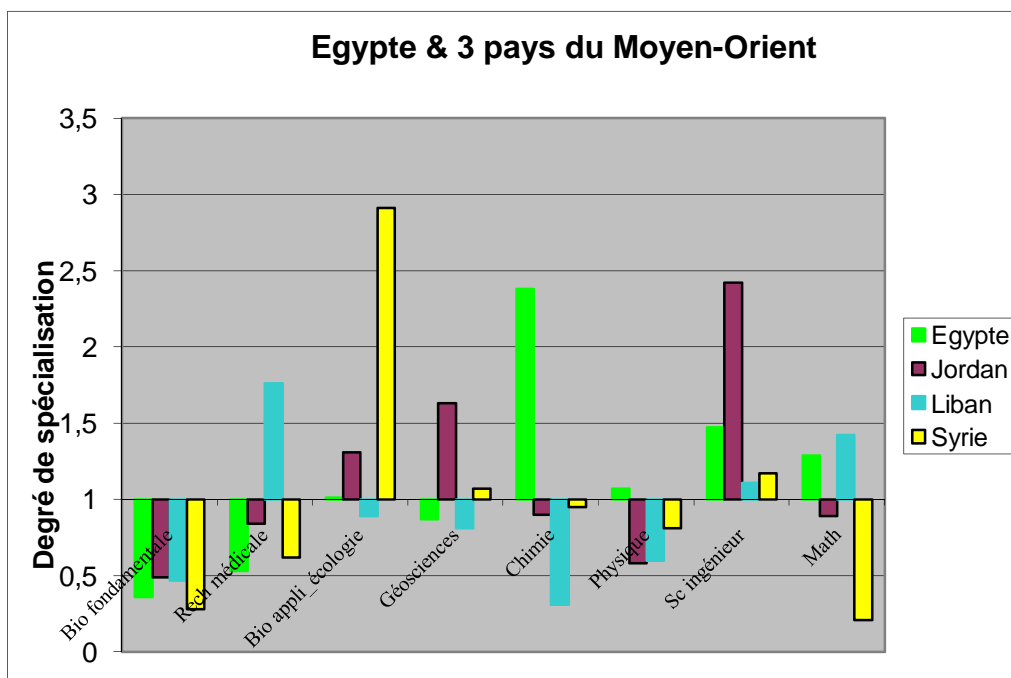


Source : SCI année 2001 (OST). Traitements Rossi, Waast

Au Maghreb, la spécialisation en sciences de base est très marquée. Elle se retrouve en Egypte.

Elle s'atténue toutefois au Maroc et en Tunisie, dont la sous spécialisation en sciences de la vie est un peu moins affichée. La Tunisie a le profil de spécialisation le plus « normal » (i.e. conforme à celui du reste du Monde, en moyenne : coefficients tous proches de « 1 »).

Figure 8- Egypte et 8 pays du Moyen-Orient



Source : SCI année 2001 (OST). Traitements Rossi, Waast

Le Machreq fait place à davantage de spécialités en sciences naturelles : principalement en biologie appliquée (Jordanie, Syrie) voire en recherche médicale (Liban).

Les Mathématiques sont partout en faveur. Elles le sont très fortement au Maghreb (et au Liban), qui en font une spécialité importante.

3 Des sous-disciplines remarquables

3.1 Des atouts particuliers en chaque lieu

Les données précédentes valent d'être spécifiées.

On peut imaginer qu'au démarrage d'une activité de recherche scientifique, on se focalise sur les bases de la discipline, sur ses méthodes et son cœur théorique. C'est d'autant plus probable que de tels travaux sont souvent moins exigeants en gros matériel, et en crédits de fonctionnement. Mais au cours du temps, les compétences se diversifient. Les formations suivies par de jeunes chercheurs en des laboratoires variés à l'étranger ouvrent sur de nouveaux problèmes, de nouveaux savoir faire et des ambitions originales. L'environnement (industriel ou pas...) réoriente les questionnements.

Dans chaque grande discipline, les pays développent ainsi chacun *certaines* sous disciplines. C'est parfois sous l'impulsion d'une figure de haute qualité, qui formera autour d'elle un cénacle, une Ecole : ce hasard de départ se consolidera. C'est aussi le résultat des dynamiques de diversification que nous venons d'indiquer. Bien entendu, dans certains sous domaines se constituent des masses critiques : les travaux s'accumulent, répétitifs ou originaux.

Ainsi naissent des points forts au sein de disciplines globalement sous représentées (par exemple : au Liban, la publication est forte en hydrologie mais pas dans l'ensemble des sciences de la Terre...). Et ce n'est pas parce que les volumes produits sont petits qu'ils sont placés dans de mauvais créneaux. Les sujets choisis peuvent être pertinents, scientifiquement ou/et du point de vue socio économique¹⁷. (Par exemple, les publications Algériennes en biologie environnementale, rares, ont un fort impact international). Même si la bibliométrie touche ici à ses limites (l'appréciation de la qualité), elle peut aider à identifier les capacités installées – dans des domaines parfois inattendus, méconnus, et pourtant susceptibles de servir à construire un avantage comparatif pour le pays. Elle permet aussi d'apercevoir les points faibles, ou les points forts sur lesquels appuyer une stratégie : tant il est vrai qu'on ne peut orienter que l'existant ; et qu'on ne bâtit pas en sciences à partir de tables rases.

¹⁷ Ce point très important doit être apprécié par des experts indépendants. C'est ce qu'a montré l'originale évaluation du système national de recherche, réalisée en 2000_03 pour le Gouvernement du Maroc avec le soutien de la Commission européenne. Cf Kleiche & Waast, *Le Maroc scientifique*, Paris : Publisud, 2007

Nous nous en tenons ci après à une analyse en 31 sous disciplines des publications enregistrées par le SCI¹⁸. Nous faisons état des spécialisations de chacun des pays en ces domaines particuliers (Tableaux suivants).

En couleur **verte** sont figurées les sur spécialisations (avec un dégradé de couleur, suivant le degré de spécialisation mentionné dans la case). En **rose** (avec dégradé) figurent les sous spécialisations. Les cases jaunes correspondent à une non spécialisation (ni plus ni moins que dans le reste du monde). Un certain nombre de cases (en blanc) restent non renseignées, faute de publications en nombre significatif dans le domaine particulier.

3.2 Spécification des points forts en sciences de la matière : à l'ouest plutôt les sciences fondamentales, à l'est plus d'ingénierie.

Il est aisé de voir que la sur-spécialisation en sciences de base et de l'ingénieur est particulièrement marquée à l'ouest : Egypte et Maghreb. Elle se retrouve néanmoins en Jordanie (math et physique exclues, avec un privilège aux sciences de l'ingénieur), au Liban (du moins pour les mathématiques), la Syrie restant « indécidable », faute d'un nombre suffisant de publications analysées par la base qui est utilisée (ici : le SCI).

Les pays ont à la fois des similitudes et des accents divers. *Ceux du Maghreb montrent un socle extrêmement puissant en sciences de base.* L'Egypte n'est pas très différente. Elle offre par contre une extrême spécialisation dans tous les compartiments de la chimie (de base ou appliquée) ; tandis que l'Algérie a la même caractéristique, mais en physique. Partout (et surtout au Maghreb) toutes **les mathématiques** sont sur développées (point de convergence avec le Liban). La situation dans les sciences de l'ingénieur est plus contrastée.

Tableau 4. Spécialisations, sciences de la matière

	DZ	MA	TN	EG	JD	LB	SY
Mathématique & statistiques	1,87	2,99	3,38	1,09	0,8	1,43	ns
Physique générale & nucléaire	2,32	1,46	0,44	1,31	0,76	1	ns
Physique appliquée	2,58	1,81	1,96	1,17	0,64	ns	ns
Matériaux, cristallographie, métallurgie	2,35	1,41	1,42	2,08	0,34	ns	ns
Autres (Chimie)	1,41	1,71	1,25	2,64	0,98	ns	ns
Chimie analytique	1,29	1,24	1,25	3,68	1,04	ns	ns
Chimie médicale, Pharmaco	0,44	1,49	0,19	1,65	1,9	ns	ns
Génie mécanique, Mécanique des fluides	2,74	1	1,22	2,07	3,81	1,1	0,54
Génie chimique, Polymères	2,61	0,56	0,93	2,62	1,83	ns	ns
Optique, électronique, Signal	2,16	0,63	1,1	1,15	1,12	0,77	ns
Informatique	1,25	0,87	0,84	0,76	1,11	1,13	ns
Chimie physique, spectroscopie	0,82	0,91	0,65	0,76	0,52	ns	ns
Astronomie, astrophysique	0,35	0,3	0,02	0,21	ns	ns	ns

Sources : Données SCI (OST pour ESTIME). Année 2001. Traitement Waast & Rossi

Spécialisation 2001: vert sur spé; rose sous spécialisation

¹⁸ Traitement OST pour la période 2001, et comparaison avec les spécialisations remarquables de 1995.

En *informatique et en traitement du signal*, l'Algérie depuis peu fait une percée et montre la plus grande spécialisation. C'est aussi vrai en opto électronique (semble-t-il autour d'une personnalité phare, entraînant la production¹⁹). En ce dernier domaine le Maroc est sous spécialisé, comme il l'est (ainsi que l'Egypte et la Tunisie) en informatique. Le Machreq est plus présent. Cela ne signifie pas que les chercheurs actifs en chaque pays soient mal positionnés²⁰.

L'Egypte, l'Algérie mais aussi la Jordanie (qui n'a pourtant pas de pétrole) partagent une forte spécialisation en *Génie chimique*, et en science des polymères. C'est un domaine peu exploré au Maroc (qui a pourtant de fortes capacités en Chimie).

La *pharmacologie* (et plus généralement la chimie des substances naturelles) est l'apanage de trois pays en particulier : l'Egypte, la Jordanie, et cette fois le Maroc. Il sera intéressant d'examiner (plus loin) si c'est en collaboration avec des industriels.

Le génie mécanique et la mécanique des fluides sont enfin des spécialités assez répandues : mais cette catégorie est composite. Nous la diviserons (plus loin) et l'on verra que la grande faiblesse du Maroc en ce domaine se rapporte particulièrement au Génie mécanique.

3.3 Sciences du vivant : quelques points forts, très variables selon les pays.

Tableau 5. Spécialisation 2001, sciences du vivant

vert sur spé; rose sous spécialisation	DZ	MA	TN	EG	JD	LB	SY
Ecologie, environnement	1,12	1,1	0,98	0,79	1,55	0,9	0,32
Biologie végétale, Agriculture	0,62	1,57	0,95	1,25	2,06	1,1	1,83
Eleavage, Pathologie animale	0,38	0,9	1,56	1,18	1,61	ns	ns
Alimentation & nutrition	1,06	0,54	0,53	1,76	1,46	ns	ns
Microbio, Viro, Maladies infectieuses	0,24	0,74	1,37	0,81	1,26	0,93	ns
Oncologie	0,09	0,13	0,19	0,3	0,24	0,83	ns
Endocrino & Appareil reproductif	0,47	0,16	0,7	0,39	0,3	1,6	ns
Médecine interne	0,21	0,44	1,59	0,12	2,23	0,8	ns
Gastro entéro & Cardiologie	0,12	1,39	0,88	0,47	0,3	2,4	0,16
Epidémiologie, santé publique	0,24	0,69	0,9	0,72	1,18	2,04	ns
Génie biomédical	0,82	0,9	0,79	0,45	1,7	1,71	ns
Biologie générale	0,32	0,61	0,81	0,24	0,08	ns	ns
Biochimie, Bio cellulaire & moléculaire	0,18	0,25	0,42	0,28	0,2	ns	ns
Immunologie	0,03	0,14	0,61	0,11	ns	ns	ns
Génétique; évolution	0,44	0,24	0,91	0,07	0,56	ns	ns
Neurosciences, neuropathologie	0,06	0,31	0,44	0,09	0,14	ns	ns
Médecine, diverses spécialités	0,21	0,61	0,12	0,36	0,28	ns	ns

¹⁹ Preuve que l'activité est encore fragile, très sensible aux figures.

²⁰ A dire d'experts, Cf Kleiche & Waast, *Le Maroc scientifique*, op.cit. Mais les chercheurs sont en nombre relativement restreint, avec parfois l'ambition de couvrir une grande variété de sujets. On pourrait se demander – dans un domaine stratégique – s'ils ne gagneraient pas (et leurs pays avec eux) à organiser leur collaboration sur quelques thèmes porteurs, comme la traduction automatique de l'Arabe (multi dialectes).

Données SCI (OST pour ESTIME). Année 2001. Traitement Waast & Rossi

La deuxième partie de notre Tableau (ci-dessous) concerne les sciences du vivant.

On note que cette fois, ce sont les pays du *Maghreb* qui sont *très sous spécialisés* (ainsi que l’Egypte, notamment en médecine). Mais la Jordanie et la Syrie cultivent des points forts en science agricoles, le Liban en santé. Les autres pays de la région ont des activités notables par endroits : le Maroc en biologie végétale, la Tunisie en matière d’élevage, l’Egypte en nutrition et en industrie agro alimentaire.

Enfin, certaines sous disciplines ne font nulle part l’objet d’une spécialité. On le comprend pour l’astronomie_astrophysique, dont l’essentiel des publications relève désormais d’une « big science » spéculative et très coûteuse (gigantesques instruments, explorations dans l’Espace). C’est moins évident pour tout ce qui est *sciences de base dans le domaine du vivant* (biologie générale, biochimie, biologie cellulaire et moléculaire ; immunologie) ainsi que dans une variété de domaines médicaux.

3.4 Evolution : les profils s’accusent.

Ces indications peuvent être complétées par un examen des domaines où la *progression* a été la plus marquée ces dernières années.

Si l’on s’en tient aux disciplines, au cours des 10 dernières années la spécialisation a évolué comme suit :

Tableau 6. Evolution des spécialisations

	Bio fondam.	Bio appl.	Méd clinique	Sc univers	Math Stat	Chimie	Physique	Sc Ingénieur
DZ	(0,16) - 46 %	(0,65) - 28 %	(0,22) - 53 %	(1,19) + 15 %	(1,84) + 39 %	(1,82) + 21 %	(2,13) + 50 %	(2,13) + 56 %
MA	(0,43) - 44 %	(1,01) - 24 %	(0,64) + 03 %	(1,33) +04 %	(2,56) + 67 %	(1,72) + 03 %	(1,50) + 53 %	(1,00) + 03 %
TN	(0,46) + 18 %	(0,73) - 13 %	(0,96) - 45 %	(0,85) + 27 %	(3,42) + 130 %	(1,30) + 67 %	(0,98) + 65 %	(1,18) + 90 %
EG	(0,36) - 02 %	(1,01) - 24 %	(0,53) + 24 %	(0,87) - 26 %	(1,29) + 63 %	(2,38) - 16 %	(1,07) + 24 %	(1,47) + 12 %
JD	(0,49) + 14 %	(1,31) + 12 %	(0,84) + 04 %	(1,63) + 86 %	(0,89) - 45 %	(0,90) - 27 %	(0,58) - 40 %	(2,42) + 16 %
LB	(0,47) + 44 %	(0,89) - 01 %	(1,76) + 01 %	(0,81) + 44 %	(1,42) - 07 %	(0,31) - 23 %	(0,60) + 12 %	(1,11) - 23 %
SY	(0,28) - 29 %	(4,91) - 38 %	(0,62) + 182 %	(1,07) + 26 %	(0,20) - 82 %	(0,95) + 103 %	(0,81) + 203 %	(1,17) + 32 %

Légende : variation de la spécialisation en %, de 1993 à 2001. Entre parenthèses : indice de spécialisation en 2001. Couleurs : Vert = renforcement de la spécialisation ; violet : baisse de la spécialisation

Source : OST pour ESTIME

On notera que les dé-spécialisations interviennent le plus souvent dans des disciplines où il y a déjà sous-spécialisation (Ex. : Biologie fondamentale et Médecine clinique en Algérie, Biologie de base au Maroc, Math en Syrie, Physique en Jordanie), et qu'en tous cas ces *sous spécialisations sont rarement corrigées*. Inversement, le renforcement de l'activité s'observe dans les disciplines où existe la plus forte spécialisation (Ex : Math en Egypte et dans tous les pays du Maghreb ; Physique et sciences de l'ingénieur en Algérie, Sciences de l'univers en Jordanie) ; et *les sur-spécialisations sont en tous cas généralement confirmées*.

Ainsi **les profils de spécialisation nationaux (et régionaux) tendent à s'accuser** : les disciplines les plus développées se reproduisent de façon élargie (quitte à perdre en impact, comme il est naturel quand on passe à une activité plus diffuse). Tandis que les disciplines moins courues restent circonscrites à des cercles étroits, et finalement fragiles – même si certaines de leurs productions sont parfois réputées dans le monde.

Ces tendances sont parfaitement confirmées, si l'on s'en tient à étudier l'évolution en période récente et plus courte (les 5 dernières années)²¹.

Les résultats valent toutefois d'être spécifiés **par sous discipline**. Il est en effet intéressant d'analyser comment une discipline se développe : par simple expansion de l'existant ou par différenciation, et apparition de branches et de thèmes nouveaux. Cette étude relève de la bibliométrie fine (notre Chapitre 2).

4 Questions de qualité. L'impact

Ni le volume de publications, ni le degré de spécialisation ne rendent compte de la pertinence des travaux réalisés. Les citations reçues de la part des pairs du domaine en sont une meilleure mesure²². C'est ce qu'on appelle *l'impact* des articles publiés, leur résonance dans la communauté scientifique mondiale.

L'impact ne peut se mesurer que d'après la base bibliographique SCI. Celle-ci a la particularité de relever dans chaque article dépouillé toutes les références qu'il cite. A l'inverse, il est possible de reconstituer toutes les citations reçues (dans la base, au cours d'une période donnée) par un article quelconque. L'indice que nous présentons ici est calculé comme suit : on compare la moyenne des citations reçues par les articles du pays, à celle des articles de même discipline publiés par le reste du monde.

De façon générale, l'impact des travaux réalisés dans les pays en développement est moindre que celui de travaux effectués dans les « métropoles de la science ». On peut y voir un artefact (les auteurs, beaucoup plus nombreux dans les métropoles, ont intérêt à citer des collègues de leur voisinage : leur carrière en

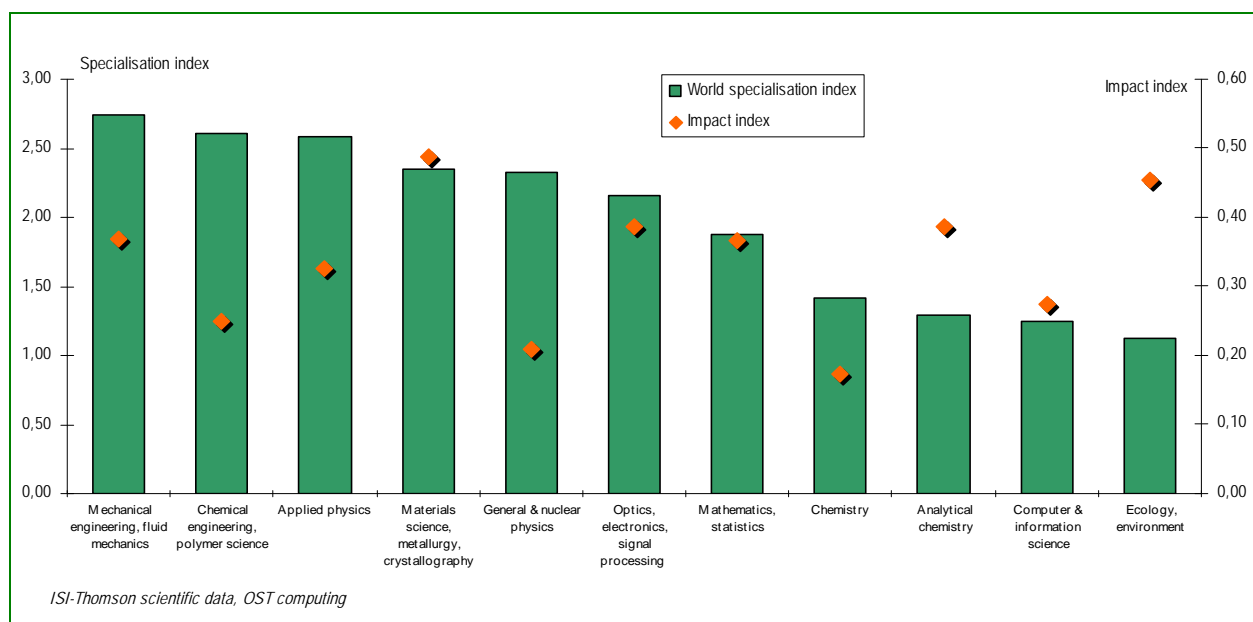
²¹ Nous avons préféré présenter le tableau d'évolution sur 10 ans, plus éloquent.

²² Du moins pour la pertinence scientifique. La pertinence socio économique se mesurera plutôt au fait que les résultats sont repris assez rapidement par des usagers. Il n'y a guère de données systématiques sur ce point, et celles existant ne sont pas détaillées (par ville, par institution). Il faut aussi tenir compte que la pertinence socio économique de la recherche ne peut s'entendre comme usage immédiat des résultats, mais mieux : comme développement de capacités dans des niches **anticipatrices**.

dépend plus). On peut y voir l'effet d'une difficile pénétration des Revues mainstream (publiées essentiellement en Europe et en Amérique). On peut aussi penser que la division internationale du travail scientifique réserve au Centre l'exploration des fronts chauds, et charge la périphérie de tâches (moins coûteuses et moins innovantes – donc moins citées) de vérification et de consolidation des connaissances. On peut enfin noter que des questions particulières, pertinentes au Sud, intéressent moins la science générale (et mondiale) et font donc l'objet de moins d'attention.

Quoi qu'il en soit, ***l'impact des travaux méditerranéens est relativement faible*** : trois à quatre fois moindre en moyenne que celui de travaux effectués dans les « métropoles de la science » ; mais aussi deux fois moindre que celui de travaux latino américains (Chili : impact moyen 0,5 ; Méditerranée : 0,25) ou dans d'autres pays en développement (Thaïlande, Afrique du sud... : impact 0,5). L'ensemble des 8 pays est au même niveau de ce point de vue (de l'Égypte : 0,20 au Maroc : 0,23)²³.

Figure 9. Algeria specialisation index and impact index for the top disciplines (2001)



Mais il y a des exceptions : ***certaines sous disciplines dans chaque pays ont un impact supérieur***. Elles ne correspondent pas nécessairement aux domaines les plus traités (ceux de plus grande spécialisation). ***Des communautés scientifiques petites mais denses livrent souvent des résultats plus originaux que d'autres plus fournies. La science dans les « petits pays scientifiques » repose en effet souvent sur des figures, de petits groupes de spécialistes, qu'il vaut de cultiver et de soutenir***²⁴. Et ***le choix de sujets pertinents*** (susceptibles de mener à des découvertes) dépend de leur perspicacité, informée des plus récents progrès de la science mondiale et de ses enjeux internationaux. Il leur faut, c'est particulièrement délicat, malgré leur peu

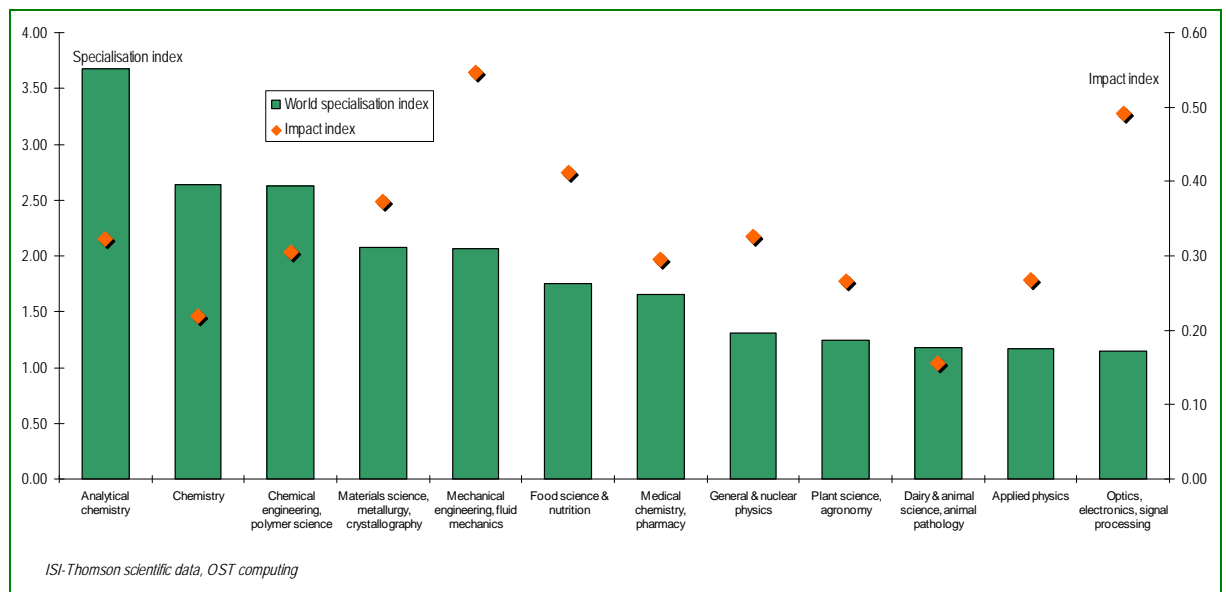
²³ Seul le Liban a un impact moyen remarquable : 0,41. Mais ce chiffre paraît imputable à l'effet d'un seul article, paru dans *Nature*.

²⁴ Ils ne sont ni substituables, ni malléables à tout gré. Il faut composer avec eux, et d'abord les connaître, et les reconnaître. C'est pourquoi nous avons établi nos *Tableaux de bord*.

de moyens, se découvrir des avantages comparatifs pour entrer en compétition avec leurs collègues mieux équipés et mieux entourés de pays industriels²⁵.

L'écart entre impact et spécialisation est illustré par les exemples suivants. On y remarque (Algérie) que les travaux en écologie (qui n'est pas une grande spécialisation) ont un impact moyen plus élevé que ceux de physique nucléaire (qui en est une grande). Et que la petite communauté de chimie analytique affiche aussi un bon impact. De même en Egypte, l'impact est élevé en optique_électronique & traitement du signal, et plus médiocre en moyenne en Chimie (grande spécialité du pays).

Figure 10. Egypt: specialisation index and impact index for the top disciplines (2001)



5 Conclusion sur les tendances principales

Il n'est pas facile d'identifier les tendances lourdes, caractérisant une région somme toute hétérogène. Il en est pourtant quelques unes :

La première consiste dans **un profil scientifique très particulier**, au regard du reste du monde. Il se traduit par une **sur spécialisation extrême dans les sciences de base et de l'ingénieur**. A l'inverse, et sauf exceptions, les sciences du vivant sont très sous dimensionnées (agriculture, santé, biologie fondamentale).

Le deuxième trait tient à **un dynamisme** qui ne se dément pas, et **qui outrepassse celui de la science mondiale – et de la plus grande part du monde en développement**. Il ne saurait être attribué ni aux politiques d'Etat, ni à

²⁵ On lira avec intérêt les avis d'experts européens chargés d'évaluer le système de recherche Marocain, et leur description des sujets « pertinentes » rencontrés, comme de leur originale construction.

la demande du marché. Les gouvernements offrent ici un soutien à éclipses²⁶. Et les sollicitations d'entreprises sont aussi rares que l'industrie est sous développée, mûre ou rentière²⁷. Il faut donc imputer l'essor spectaculaire des performances (au Maghreb tout particulièrement) à la ténacité de chercheurs attachés à leurs valeurs, à des institutions solides régulant la profession, et à quelques établissements soucieux de maintenir leur standing (dont la recherche aux standards internationaux fait partie)²⁸.

Ajoutons qu'avec le temps, les profils de spécialité s'accusent, et les capacités parfois se diversifient. On a vu en quelques pays surgir des branches de recherche nouvelles : opto électronique, informatique, électronique et traitement du signal, neurosciences (au Maroc)... ; ainsi que des regroupements d'effort dans des domaines pertinents (gestion de l'eau, industrie agro alimentaire, pharmacie...). **L'activité scientifique demeure néanmoins fragile** (au Machreq en particulier). Elle repose sur des personnalités rares et de petits cercles de spécialistes, dont le retrait, même momentanément, menace d'extinction spécialités phare ou jeunes niches originales et opportunes. La question des **masses critiques**, de leur organisation et de leur soutien est essentielle.

L'impact des travaux réalisés reste très en deçà de l'aura accordée aux publications d'autres pays intermédiaires²⁹. Il est toutefois, **en chaque pays, des spécialités appréciées** – en raison souvent de l'œuvre de quelques chercheurs remarquables. Et les branches les moins développées ne sont pas toujours les moins cotées à l'international. Il importe évidemment de les connaître et de bâtir sur elles.

Il ne semble pas qu'on ait encore, dans la région, identifié **la fonction propre de la recherche** : autre que celle, triviale, de servir de façon diffuse la qualité de l'enseignement, et précise la mise à niveau des enseignants eux-mêmes (et de quelques étudiants avancés). Quelles sont les bonnes raisons de développer (de soutenir, d'organiser) la recherche pour elle-même ? Quelles sont les niches pertinentes où elle peut réussir (sur les plans scientifiques, et de l'aide au développement) ? Les réponses ne manquent pas³⁰. Mais il y faut de

²⁶ A l'exception notable de la Tunisie, dont le soutien à la science est proclamé et réel depuis des décennies.

²⁷ Ce sont peut être les multinationales, soucieuses de délocaliser leurs Centres de recherche, qui sont (seront ?) les meilleurs clients du considérable potentiel de professionnels (enseignants et étudiants) (Ex récent au Maroc)

²⁸ Le rôle des *établissements* est plus marqué au Machreq, où la régulation nationale est faible (règles de recrutement, passages de grade au mérite, encadrement et jugement par les pairs, soustraction à un « marché » de la recherche et carrières réglées au sein d'un monde académique autonome). Au Maghreb, ces *institutions* sont plus prégnantes ; et l'idéal de recherche est ancré dans plusieurs professions, qui lui servent d'abri lorsque le soutien du gouvernement se retire : ingénieurs, médecins, universitaires. *En Egypte*, l'abandon du modèle de développement socialiste, l'asphyxie de l'Université de masse et le développement du marché (y compris des compétences) ont affaibli les hiérarchies académiques et déterminé l'émigration structurelle des enseignants et des chercheurs (vers le Golfe et les pays anglo saxons, fût ce temporairement). Un appareil solide demeure cependant, moins affecté en sciences exactes et naturelles qu'en sciences humaines et sociales (dont le soutien et le pilotage dépendent beaucoup d'une demande solvable extérieure : ONG, grands organismes internationaux, science mondiale).

²⁹ d'Asie ou d'Amérique latine en particulier, plus attentifs à cet indicateur.

³⁰ Voir par exemple le jugement d'experts européens chargés d'évaluer le système de recherche du Maroc, in *Le Maroc scientifique*, Paris : Publisud, 2007, op. cit. Les avancées scientifiques locales peuvent aider à mieux gérer les ressources naturelles,

l'imagination et de l'anticipation. Il faut connaître l'état de la science mondiale et les enjeux industriels existant. Il faut connaître les points forts dont on dispose, les chercheurs et les sites phare installés. Ces derniers points font l'objet de notre bibliométrie fine (seconde section).

mais aussi à développer des *ressources inédites* (naturelles ou non : STICs), à analyser les risques et à établir des systèmes d'alerte, à servir les besoins de base négligés ou changeants, etc.

Deuxième section

Bibliométrie *fine* et pilotage de la recherche

6 La nécessité d'outils de *pilotage fin*

6.1 Les objectifs.

Les données du précédent chapitre restent trop générales, pour mieux éclairer les lecteurs et les décideurs sur les capacités du pays. Elles sont construites sur la base de catégories encore grossières, qui peuvent être spécifiées.

Nous avons cherché à les rendre opérationnelles, en établissant ***pour chaque pays un Tableau de bord***. Nous avons subdivisé la production en **100 sous domaines**, et nous avons localisé les capacités installées pour chacun, ***par ville, institution***, parfois laboratoire.

Cette vision fine peut être un outil précieux pour les responsables : elle leur permet d'identifier le potentiel sur lequel s'appuyer, pour développer leurs projets. Elle livre également d'intéressants aperçus sur les récents progrès accomplis lieu par lieu.

Nous détaillons aussi ces données pour quelques institutions majeures. Il s'agit de dresser ***l'Atlas*** de leurs capacités, pays par pays. On peut en déduire une sorte de « label », pour certaines dans des domaines particuliers. On peut aussi imaginer quels points forts y faire valoir, quelles faiblesses sont à combler, quelle stratégie de recherche originale peut s'y développer, à partir des forces installées.

Nous examinons enfin les ***réseaux de collaboration*** densément construits, à l'échelle nationale, mais aussi internationale.

6.2 La procédure.

Notre démarche repose sur l'utilisation d'une base bibliographique généraliste³¹. Nous avons préféré *la base PASCAL*, qui attribue à *chaque article* dépouillé un ***code matière*** détaillé. Son plan de classement permet d'accéder à des niveaux très fins de description du thème traité.

Trop fins même pour nous, Compte tenu de ce niveau de détails, pour éviter que trop de rubriques restent vides, nous avons construit un découpage des disciplines en 8 domaines et 100 sous-domaines.

Il s'agissait aussi d'*effacer les intermittences* de la production (liées par exemple à la concentration des communications dans un colloque particulier). Ainsi nous avons agrégé le nombre des publications par périodes raisonnables. Nous avons choisi des durées de **3 ans** : assez longues pour effacer les irrégularités

³¹ Si l'on voulait focaliser l'attention sur une discipline privilégiée (par exemple les sciences agricoles, la chimie ou les mathématiques) on pourrait reprendre l'exercice avec une base spécialisée : AGRIS, Chemical Abstracts, Z Math, ou Medline pour la médecine. Notre enquête porte toutefois sur l'ensemble des disciplines, comme il convient dans un premier temps pour prendre la vue d'ensemble.

temporelles dans chaque domaine ; assez brèves pour coller aux inflexions majeures de l'histoire (du pays, de ses politiques de science, du mouvement des disciplines). Nous pouvons ainsi mener des comparaisons de période en période, mesurer les progrès et les régressions.

Pour identifier les producteurs, nous avons extrait de leur adresse (associée à la signature de l'article, et enregistrée par la base) *la ville* correspondante, *puis l'institution* d'affiliation.

Ces opérations ne sont pas triviales. Il existe une pluralité de graphies pour chaque ville, et de désignations (donc a fortiori de graphies) pour chaque institution. A partir des listings de publications nous avons normalisé ces graphies en usant de sagacité et d'une bonne connaissance de terrain³². Pour finir, chaque ville et chaque institution reçoivent un sigle, reporté dans le listing, et qui permet d'agréger à volonté les articles par lieu ou par institution de production.

L'éclatement du listing d'articles en de nombreux sous fichiers de villes ou d'établissements « producteurs » a un effet sur la découpe des domaines observables. Les institutions de petite taille auront des scores faibles, ou instables dans un grand nombre de domaines. L'alternative est soit de considérer des domaines plus grossiers ; soit de grouper les instituts moins productifs (ou très spécialisés) en catégories qui ont du sens, mais où leur identité se perd.

La décision se prend au vu des scores obtenus lors d'une découpe assez fine. Elle nécessite la connaissance des institutions de « petite » taille, dont la fonction est jugée stratégique. Par exemple, dans les pays du Maghreb les *Ecoles* d'ingénieur à numerus clausus sont considérées comme importantes pour la formation des cadres, et tournées vers une recherche économiquement plus pertinente (meilleure relation avec les usagers potentiels). Elles ne sauraient être écartées (même si leurs scores sont souvent très inférieurs à ceux d'Universités voisines, ou très ciblés sur quelques spécialités). De même, l'Institut *Pasteur* n'est pas toujours des plus productif ; mais il reste en certains sous domaines une référence qu'on ne peut ignorer. Autres exemples : il est légitime de vouloir apprécier l'activité recherche du secteur industriel, ou celle d'agences publiques de développement (eau, agriculture, etc). Leurs contributions seront certes faibles, en termes de publications, mais on voudra les faire ressortir et on les regroupera au sein d'une catégorie identifiée.

Il faut donc procéder par étapes. Partant d'un découpage assez fin, en sous domaines scientifiques nombreux et en une grande variété de villes et d'institutions, on le simplifie en effectuant des recodages jusqu'à obtenir un tableau maniable (une trentaine d'institutions, 1 à 3 pages de sous domaines), fiable (périodes raisonnables d'agrégation des produits) et signifiant (les institutions stratégiques apparaissent, les catégories d'institution sont homogènes).

7 Les tableaux de bord : les stratégies d'un pays

Le Tableau de bord est un outil conçu pour guider les stratégies **d'un pays**. On le trouvera annexé au rapport sur le système national de recherche de chacun.

³² Par exemple : Notre institution (Institut de recherches pour le Développement) peut figurer dans les adresses sous cet intitulé, ou sous forme d'abréviations (Inst Rech Dév, etc...) ou de sigle (IRD) ; et encore sous ses anciennes dénominations : ORSOM, ORSTOM, etc, avec leurs développés et leurs erreurs orthographiques. Nous reconduisons toutes ces graphies à « IRD » par une liste de correspondances.

Nous ne pouvons ici tous les reproduire. Nous en montrerons un à titre d'exemple, pour en expliquer l'usage (deux parties : capacités installées, et progrès récents).

7.1 Un exemple de tableau de bord : le cas du Maroc

Ce tableau de bord est tiré de l'Evaluation du système Marocain de recherche, réalisée en 2003 pour le gouvernement du Maroc et la Commission européenne (cf *Le Maroc Scientifique*, Paris : Publisud). Données **Pascal, 1997-2001**. Traitement Waast, Rossi.

Les tableaux 7 et 8 permettent d'embrasser **d'un coup d'œil** les capacités installées dans les principaux sous domaines scientifiques (35 en sciences de base et de l'ingénieur ; 30 en sciences naturelles³³). On y repère :

- la grande contribution des Universités
- la participation à cette production d'établissements très divers (y compris jeunes, nous en verrons le détail plus loin)
- la contribution déterminante des Ecoles ou Instituts dans des créneaux très spécifiques (STICs, hydrologie, étude des sols, industrie agro alimentaire)

L'examen *en colonne* montre les points forts de certaines institutions. A titre d'exemples :

- Marrakech : Math – c'en est la capitale ; mais aussi : Cristallographie et science des matériaux ; Géologie ; et Biologie agricole : biotechnologies, écologie et physiologie (végétale et animale)
- Kenitra : tout ce qui a trait à l'Eau : hydrologie, pollutions hydriques, géochimie des eaux, protection des plantes (contre le stress hydrique)

L'examen des lignes montre des *points forts* parfois en des lieux inattendus :

- Jadida : Etude des sols
- Fes (laboratoire Lessi, EST) : STICs
- Marrakech : génie énergétique (une spécialité rare, où existe un déficit national)

- mais aussi des *points faibles* éventuellement préoccupants :

- dans le domaine de la conservation des sols et de la protection de l'environnement, du génie de l'eau et de l'irrigation, du génie mécanique; mais aussi relativement en informatique, biotechnologies, et domaines de biologie moderne.

³³ En outre en médecine au Maroc, en 2001, les producteurs de recherche se limitent pratiquement à trois : les Universités de Rabat (Souissi) et de Casablanca ; ainsi que quelques « Instituts de recherche » – dont l'Institut Pasteur. Il est évidemment possible de situer leurs contributions (et leur progrès), dans 27 sous spécialités. Cf. M. Kleiche & R. Waast éd., *Le Maroc Scientifique*, Paris : Publisud (2007).

Tableau 7. Principaux laboratoires au Maroc (Tableau de bord sciences de base et sciences de l'ingénieur)

Ppaux Laboratoires (Sciences de base et de l'ingénieur)

Les couleurs indiquent les principaux sites : majeur important appréciable

	Clair3	97-01	Ecoles	EMI	ENS	IAV	INRA	Inst	LPEE	Office	Privé	Public	Un	Un	uAgd	uCas	uFes	uJad	uKen	uMkch	uMkn	uOjd	uRbt	uTet	uDiv														
S11	Math Gén	121	2	2	7			1					12	109		9	8	5	8	32	6	10	16	3	12														
S12	Proba Stat	52	3	3	2			2					10	42		5	3	1	1	21			6	3	2														
S13	An Num, MM	56	1	2	8			1					12	44	1	5	7	1	4	9	3	4	5	2	3														
S14	Math de gest	27	3	1									4	23		4	2			7			6		4														
S20	Instrmts, théo	75	6	5	2								13	62	6	19 LPT	4	5	2	2	1	10	9	3	1														
S21	Phy Nucléaire	24						1			1		2	22		1	1	4		5	2	1	4	1	3														
S22	Optic acousti	40	1	2									3	37	17 LIM	3	3	8			1	2	1		2														
S23	Méca Thermo	109	6	7	1								14	95	4	23 Lmeca	5	3	5	18 LMéca	8		7	10	12														
S24	Plasmas	10											0	10	1	8									1														
S251	Cristallograph	199			11 GPS								11	188	1	21 PMC	16	20 PC	18 lpmc	38 LCSM	15	4	41 LCSA	7	7														
S252	Solide: mec therm		1	1									2	103	13	19 CMS	4	2	12	7	20	1	22 LCPA	1	2														
S253	Surf & Interfaces		1										1	42	2	3	1	5	6	10 cchesn	1	5	7		2														
S261	Transport électronic		4	1	7								12	60	9	3	5	8	6	7	4	3	8	2	5														
S262	1/2 conducteurs												0	58	2	1	23 LPS	3		2	5	11	8		3														
S263	supraconductivité												0	19	10		1	4			3				1														
S264	Solide: élec & magnét		4	1	4								9	189	15 LPS	42 Pmme	32 lcp	10 lmc	5	12	28		38 MPHE	1	6														
S265	Spectroscopie				4								4	76	14	3	9	3	4	16	4	1	19	1	2														
S271	Sc des matériaux		2	3									5	106	13 LTM	7	9	4	13	22 LCP	6	5	LPM-lpm		1														
S272	Rhéologie			1									1	4	1		1	1	1																				
S31	Théor, Phases	74	11	4	8						1		24	50	9	8	2	12 epc	1	4	8	1	2	2	1														
S32	Electroch, Indu	43	3										3	40	10 lcp	8		1	6	4	3		4 leca	2	2														
S33	Ch physique (g	70	5	2									7	63	1	1	14 EST	7	5	6	5	3	6 lcpg	7	8														
S34	Ch minérale	30			1								1	29	1	3	9 LCM	2		6	2	1	1		4														
S35	Ch orga	15			1								1	14	2		1		1	1	1		7 lcoh		1														
S36	Ch analytique	12		1				1					2	10	1					2		3			4														
S411	Logiciel		4										4	22	1	1	7			2	1	4	3	1	2														
S412	I.A., Automatic		16	11	2	1					1		31	44		6	11 lessi	5	1	4	2	5	8	1	1														
S413	Electronic			2									2	57		13	6	9	2	6	4	3	2	4	8 Erchd														
S414	Télécom		3	1				2				1	7	28		1	12 lessi	1	1	1	5	3	3	1															
S42	G. Energ	97	1	1	4	16		1		4	1	2	30	67	2	2	7	1	5	23	5	2	13	4	3														
S43	G. Chimique	119	8	8	2			1					19	100	5	7	11	1	15	17	10	9	10	10	5														
S44	G. Civil, Mat c	86	10	5	4			1	3	3		1	27	59	5	9	6	5	1	9	3	1	13	5	2														
S45	Métallurgie	93	3	2	11					3			19	74	9 LTM	1	2	8	9	8	5	9	20	2	1														
S49	Biotec	81	1	1	2	8				1		1	14	66	2	6	7	4	4	24	1	1	10	2	5														
S46	G. Méca	6	1	2									3	3		2							1																
Sc Ext	Total	2246	103	20	67	25	99	145	25	27	10	3	11	3	6	327	1910	147	49	233	163	188	41	146	35	127	28	322	34	156	39	96	15	311	193	75	30	117	19

Tableau 8. Principaux laboratoires au Maroc (Tableau de bord sciences naturelles)

Ppaux Laboratoires (Sciences naturelles)
Les couleurs indiquent les principaux sites :

			majeur										important					appréciable							
	Clair3	97-01	Ecoles	EMI	ENS	IAV	INRA	Inst	LPEE	Office	Privé +	Public	Un	Un	uAgd	uCas	uFes	uJad	uKen	uMkch	uMkn	uOjd	uRbt	uTet	uDiv
S47	Hydraulic, Pollut,	183	15	14	6	4		7	4	16	3		69	114	6	12	9	10	15	30	8	1	12	3	8
A11	Hydrologie	101	5	25	5	3		1	4	13		1	57	44	4	4	3	3	10	5	2	4	5	3	1
A12	Irrigation	16	2			3	2			1			8	8		1				6	1				
A21	Sols (pédo)	82	2			9	4	2	1			3	21	61	1	2	5	11	6	5	6	3	16	2	4
A22	Sols (conserv)	7		1				1					2	5	2	1				2					
A32	Protec environmt	7	1			1		2					4	3	1	1							1		
A33	Ecotoxicologie	33			1			3		1			5	28	4		3	1	1	13	3	1	1		1
A41	Conduite cultures	46	5	1	1	14	2	1					24	22	3			1	1	9	2		6		
A42	Amélior Plantes	84	6	1		6	18				1	1	33	51	4	2		3	2	23	4		10	2	1
A43	Entomo, Prot plant	104	2			11	17	5		1		3	39	65	5	6	1	6	9	20	4		7		7
A44	Syst agraires	7	3										3	4				2			2				
A51	Sylviculture	10	1	3		1						2	7	3		1				1			1		
A61	Indus Agro-alim	86	7	3	2	21	2	1		1	2	3	42	44	2	3	1	5	7	15		5	2		4
A71	Elevage	12	1			7	2					1	11	1				1							
A82	Aquicult Végét	2								1			1	1					1						
A83	Algoculture	2											0	2						2					
A84	Aquicult Animal	11			1	1		3					5	6		1				2	1		1		1
S495	p.m. Biotec Agr	54				5	6						11	43	1	2	2	2	3	23	1		6		3
<i>Agric</i>	<i>Ss Total</i>	847	50	48	16	86	53	26	9	34	6	14	342	505	33	36	24	45	55	156	34	14	68	10	30
B12	Biochimie	8				1									1		1		1	2					2
B13	Bio Moléculaire	9																1		5	2				1
B14	Microbiologie	52	1		1	3	1	2				1			2	10	4	2		9	1	3	8		4
B22	Génétique	11	2				1					1						2		2	1				2
B23	Bio physique	9	1													2		1		1		1	3		
B24	Embryologie	1																		1					
B31	Ecolo Vég & Anim	67	1	1				8	2	1		1			2	6	11	3	3	16	1	6	2		3
B32	Bota, Physio Vég	37		1		1	1	2		1		1			4	2	1	1	2	7	2		6	4	1
B33	Zoo & Physio anim	68				6		5				1			1	4	10	7	4	18	4	1	3	1	3
<i>Bio</i>	<i>Ss Total</i>	262	5	2	1	11	3	17	2	2		5	48	214	10	24	27	17	10	61	11	11	22	10	11
S52	Géochimie	68		1		1		6		4		1			8	5	2	5	12	8	4	2	6	1	2
S53	Géologie	351	10		5	7		20	18	27	2	8			18	18	18	11	11	73	27	24	35	15	4
S54	Géophy, risk, Mété	42	1	2		7		5		3		4	22	20		1	2	2	2		1	5	4	3	
<i>Terre</i>	<i>Ss Total</i>	461	11	3	5	15	0	31	18	34	2	13	22	20	26	24	22	18	25	81	32	31	45	19	6
<i>Sc Nat</i>	Total	1570	66	53	22	112	56	74	29	70	8	32	522	1048	69	84	73	80	90	298	77	56	135	39	47

Tableau 9. Principaux sites du Maroc. Quelques universités nouvelles et leurs spécialités

Total Maroc	Domaines	Agadir	Fes	Jadida	Kenitra	Meknes	Oujda	TetTang	Divers
121	Math Généré		8	5	8	6	10	3	12
75	Instrmts, théorie	6	4	5	2	1	10	3	1
40	Optic acoustic magnét	17 LIM	3	8		1	2		2
199	Cristallographie	1	16	20 PCM	18 lpmc	15	4	7	7
102	Solide: mec therm	13	4	2	12	20	1	1	2
58	½ conducteurs	2	23 LPS	3		5	11		3
19	supraconductivité	10	1	4		3			1
202	Solide: élec & magnét	15 LPS	32 lcp	10 lmc	5	28		1	6
80	Spectroscopie	14	9	3	4	4	1	1	2
111	Sc des matériaux	13 LTM	9	4	13	6	5		1
74	Théor, Phases & Catalyse	9	2	12 cpc&cca	1	8	1	2	1
43	Electroch, Induction r,	10 lcp		1	6	3		2	2
70	Ch physique)	1	14 EST	7	5	5	3	7	8
30	Ch minérale	1	9 LCM	2		2	1		4
28	Logiciel	1	7			1	4	1	2
78	I.A., Automatic		11 lessi	5	1	2	5	1	1
60	Electronic		6	9	2	4	3	4	8 Erchd
34	Télécom		12 lessi	1	1	5	3	1	
119	G. Chimique	5	11	1	15	10	9	10	5
93	Métallurgie	9 LTM	2	8	9	5	9	2	1
183	Hydraulic, Pollut, assain	6	20	10	15	8	1	3	8
101	Hydrologie		3	3	10	2	4	3	1
82	Sols (pédo)	1	5	11	6	6	3	2	2
86	Indus Agro-alim	2	1	5	7	6	5		3
67	Ecolo Vég & Anim	2	14	3	3	1	6	3	
37	Bota, Physio Vég	4	1	1	2	2		4	1
72	Zoo & Physio An	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 (1997_2001). Traitement Waast, Rossi.

Légende : **Vert** = Site national n° 1 ; **Bleu** = Site n° 2 ; **Jaune** = Site n° 3. **En gras** : sigle d'un labo hautement productif.

Il est possible de concentrer l'attention sur certains aspects. Par exemple de se demander si **les « jeunes » Universités** (créées dans les années 85_90) ont maintenant construit leur propre culture de recherche. Ou si la production reste concentrée dans les établissements « historiques » (Rabat, Casablanca, quelques grandes Ecoles...). Le tableau 9 (extrait des précédents) tente d'apporter une réponse à ces questions.

Les sites de production ont été répartis en 4 classes : site de 1° importance nationale (surlignés en vert), de 2° importance (en bleu), de 3° (en jaune), et non classés. Les trois Universités les plus anciennes (et de plus grande taille : Rabat, Casablanca, Marrakech) ont été retirées. On se concentre donc sur les « jeunes » institutions. On ne retient que les sous disciplines où l'une au moins de ces institutions est classée.

On peut alors constater qu'en nombre de domaines (une trentaine, soit 1 sur 2, la médecine n'étant pas ici représentée) ces jeunes institutions ont développé des compétences significatives. Elles peuvent être de première grandeur (Fes en semi conducteurs, Meknes en physique du solide...), et très originales (Agadir en acoustique et en supraconductivité...). Elles sont souvent de 2° rang, devançant l'une ou l'autre des institutions historiques. Enfin, toutes les Universités (ou à peu près) sont représentées dans au moins l'un des compartiments sous disciplinaires.

On peut donc dire que la culture de recherche s'est largement répandue. Les thématiques se sont diversifiées, conduisant à **des spécialisations locales sur lesquelles il serait possible de bâtir** (voir plus bas : Atlas des capacités).

c) Mesure des Progrès

Il est également intéressant de mesurer les progrès accomplis de période en période. Le tableau suivant présente l'évolution de 5 ans en 5 ans au cours de la dernière décennie, en une variété de domaines, dans un choix d'institutions.

Les plus fortes croissances s'observent dans les jeunes Universités, presque en tous domaines. Les Ecoles aussi ont fait un bond en avant. Il est évidemment difficile à des établissements déjà fort productifs (les « historiques ») d'afficher un rythme de croissance aussi élevé. Il faut noter par contre que certains d'entre eux connaissent un palier, voire un recul (parfois limité à quelques domaines). C'est le cas de quelques Ecoles prestigieuses (l'ENS, dont les fonctions de formation et de recherche ont décliné avec la suspension des recrutements d'enseignants qu'elles formaient ; l'IAV, qui recule en agriculture et biologie de base) ; et celui de l'Université de Rabat, pour la biologie et les sciences de la Terre (pourtant deux de ses importantes spécialités).

On peut donc dire que **les foyers de la création se déplacent**, en même temps qu'ils se diversifient. Ce qui pose des **problèmes de masse critique, et de mutualisation**. Par exemple dans le domaine des STICs, les acteurs (talentueux) sont peu nombreux et dispersés dans une pluralité d'établissements. Une mobilisation partielle, sur quelques thèmes bien positionnés et bien soutenus, devrait leur être profitable. De même, la chimie des substances naturelles a fait de grands progrès partout dans le pays. Le moment semble venu de rechercher une coordination efficace, facilitant le passage à certaine industrialisation.

Tableau 10. Principaux progrès au cours de la décennie, par sites et domaines (Maroc)

	Math	Phys	Chim	Ingénr	Agric	Eau, élevage	Biolo	Terre	Méd Clinique
Ecoles diverses	9 1	27 5	19 3	48 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	98 27	24 8	24 10	20 8	10 3	10 9	26 7	
U Fes	20 2	83 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	13 1	63 9	13 5	38 13	19 17	26 8	10 5	25 14	
U Meknes	9 2	93 19	19 15	35 3	21 8	12 6	11 9	32 20	
U Oujda	14 2	40 3	8 3	34 7	4 2	5 4	11 21	31 24	
U Tetou-Tangr	8 9	27 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	

Comparaison des performances 1991-97 et 1997-2001. Source PASCAL. Traitement Waast, Rossi
Légende : **Vert sombre** = Progrès très rapide; **Bleu** = Progrès rapide; **Jaune clair** = progrès appréciable.

Dans chaque case : **A gauche** : performance 1997-2001 ; à droite **en Rouge** : performance 1991-1997.

En gras : Régression Chiffres **jaune clair** **sur fonds Rouge très sombre**

7.2 Confrontation de Tableaux de bord Méditerranéens : capacités et progrès.

Les tableaux suivants confrontent les capacités installées dans les pays méditerranéens, pour 100 sous disciplines (source PASCAL, période récente : 2001_2003). Ne sont toutefois présentés que les domaines où le nombre de publications dépasse 6 (soit 2 par an).

Chaque Tableau rassemble un grand groupe de disciplines (sciences naturelles, sciences médicales, sciences de la matière). La couleur des cases signale les évolutions majeures récemment accomplies.

	Algérie	Maroc	Tunisie	Egypt	Liban	Jordanie	Syrie	Palestine
A21 Hydro	39	75	41	28	20	32	ns	14
A22 Irrigation	ns	ns	8	ns	ns	ns	ns	ns
A31 Sc sol	24	52	25	28	ns	21	ns	ns
A41 : Conduite des cultures	ns	27	16	24	ns	15	15	ns
A42 : Amélioration des plantes	14	60	43	36	ns	22	45	ns
A60 : Indus agro-alim	17	47	70	141	ns	27	ns	ns
A71 : Prod animale terrestre	ns	ns	17	13	ns	ns	ns	ns
A90 : Entomo agricole	10	33	20	55	ns	ns	20	ns
B12: Biochimie	ns	ns	ns	14	ns	ns	ns	ns
B13 : Bio moléculaire	ns	ns	18	10	ns	ns	ns	ns
B14 : Microbiologie	ns	47	57	75	ns	17	ns	ns
B22 : Génétique	ns	ns	11	ns	ns	ns	ns	ns
B23 : Bio physique	ns	ns	ns	11	ns	ns	ns	ns
B31 : Physio végétale	ns	24	18	56	ns	ns	ns	ns
B41 : Zoologie	10	16	31	20	ns	ns	ns	ns
B42 : Physio animale	16	24	21	43	10	ns	ns	ns
B51 : Ecologie de base	25	63	35	37	ns	ns	ns	ns
B52 : Ecologie ap	12	36	22	53	ns	ns	ns	ns
B62 : Biotec: Méth & procédés	ns	9	20	36	ns	4	ns	ns
B63 : Biotec: Rech fda orientée	ns	ns	ns	9	ns	ns	ns	ns
B64: Biotec indus	ns	19	ns	27	ns	ns	ns	ns

Principal	Stable	En hausse	En baisse
-----------	--------	-----------	-----------

Période 2001-2003. Source Pascal/Inist. Traitements P.L. Rossi, R. Waast/IRD

Ci-dessus figurent 21 sous domaines de biologie fondamentale et appliquée (notamment en sciences agricoles : codes « A »). Les chiffres dans les cases indiquent le nombre de publications enregistrées de 2001 à 2003 (3 années pleines). Pour chaque domaine, le chiffre le plus élevé est figuré en rouge. Le sigle « ns » renvoie à un score inférieur à 6.

La couleur des cases indique les *progrès* accomplis par rapport à la précédente période (1998_2000). L’Egypte est par exemple en retrait manifeste dans la plupart des domaines agricoles (et même biologiques). Cela ne l’empêche pas de rester le principal producteur dans la plupart de ces domaines (chiffres **en rouge**).

Le Tableau recoupe des résultats présentés en première partie de ce Rapport (spécialisation par sous disciplines, à partir de la base SCI). Mais il donne *plus de détails, et scinde utilement des catégories trop composites* (par exemple ; celle des « biotechnologies » ; ou les recherches de base sur l'animal (zoologie ; physiologie) et leurs applications (production animale terrestre).

La seconde partie du Tableau (ci-dessous) concerne les **sciences médicales** :

	Algérie	Maroc	Tunisie	Egypt	Liban	Jordanie	Syrie	Palestine
M00 Méd (généralités)	ns	ns	95	ns	ns	ns	ns	ns
M21 : Immunopatho	ns	14	16	ns	ns	ns	ns	ns
M22 : Hémopathies	ns	41	68	14	18	ns	ns	ns
M23 : Endocrinopathies	ns	51	54	16	10	ns	ns	ns
M24 : Mal métaboliques	ns	17	35	7	8	ns	ns	ns
M25 : Génétique méd	ns	ns	13	ns	12	ns	ns	ns
M27 : Cancers	ns	30	58	21	ns	ns	ns	ns
M31 : Thérapies non pharma	12	48	56	58	29	12	ns	10
M32 : Pharmaco-Toxico	37	178	154	589	81	94	ns	8
M42 : Société & santé	ns	ns	9	ns	ns	ns	ns	ns
M43 : Epidémiologie	ns	34	69	23	26	16	ns	ns
M51 : Maladies infectieuses	15	200	228	98	47	33	ns	ns
M60 : Gynéco & ap génital	ns	174	129	80	23	19	ns	ns
M61 : Clinic: Dermato	ns	54	84	11	17	ns	ns	ns
M62 : Clinic: Ophtalmo	ns	29	28	11	11	ns	ns	ns
M63 : Clinic: ORL, stomato	10	85	39	27	12	9	ns	ns
M64 : Clinic: Pneumo	ns	29	49	14	ns	ns	ns	ns
M65 : Clinic Cardio médicale	ns	46	94	11	15	ns	ns	ns
M66 : Clinic Hépatogastro	ns	82	101	25	15	13	ns	ns
M67 : Clinic Uro-néphro	ns	104	61	55	ns	ns	ns	ns
M68 : Clinic Ostéo-rhumato	ns	65	57	20	14	ns	ns	ns
M69 : Clinic Neuro	ns	78	68	20	34	12	ns	ns
M71 : Traumatisme	ns	53	26	20	ns	ns	ns	ns
M73 : Chirurgie	ns	110	77	173	66	20	ns	ns
M81 : Méd: Tech diagnostic	ns	55	74	60	20	17	ns	ns
M91 : Anesth-Réa-Sang	ns	33	41	22	39	ns	ns	ns

Principal	Stable	En hausse	En baisse
-----------	--------	-----------	-----------

Période 2001-2003. Source Pascal/Inist. Traitements P.L. Rossi, R. Waast/IRD

Les deux Tableaux précédents renseignent en détail sur progrès et reculs observables. En sciences médicales, on enregistre des baisses très spécifiques, affectant généralement des domaines jusque là peu développés (donc instables). Le fléchissement en pharmacologie au Maroc et en Jordanie, en maladies infectieuses en Egypte pourrait être par contre préoccupant. La Tunisie et le Liban sont à l'inverse en expansion.

	Algérie	Maroc	Tunisie	Egypt	Liban	Jordanie	Syrie	Palestine
S10 : Math (divers)	51	121	82	224	20	26	ns	ns
S11 : Math géné	13	40	21	44	ns	ns	ns	ns
S12 : Proba-Stat	27	35	14	54	ns	31	ns	ns
S13 : An num & MMP	15	35	25	155	19	19	ns	ns
S14 : Math de gestion	24	23	21	45	25	19	ns	ns
S21 : Phys nucléaire	23	21	13	62	ns	9	ns	ns
S22 : Phys: Dnes classiques	32	39	28	97	ns	16	ns	ns
S23 : Phys : Méca, Thermo	60	78	79	139	8	41	ns	ns
S24 : Phys des gaz, plasmas	29	ns	ns	36	ns	ns	ns	ns
S25 : Etat sol, struct, prop méc-therm	78	194	153	186	ns	19	ns	12
S26 : Etat sol, prop élect-magné	157	184	177	320	17	72	ns	16
S27 : Sc des matériaux	60	57	55	128	ns	ns	ns	ns
S28 : Phys : Théories & Méth	43	62	31	107	11	21	ns	ns
S31 : Chimie géné	73	118	57	191	ns	44	ns	ns
S35 : Chimie minérale	ns	15	22	47	ns	ns	ns	ns
S36 : Chime organique	ns	13	ns	22	ns	ns	ns	ns
S39 : Chimie analytique	ns	14	ns	90	ns	ns	ns	ns
S41 : STICs	168	110	281	319	63	94	ns	11
S42 : G. électrique	36	ns	34	120	17	24	ns	ns
S43 : G. chimique	131	84	76	492	ns	47	ns	ns
S44 : BTP, transports	58	40	26	261	35	37	ns	ns
S45 : G. métaux	49	51	35	209	ns	19	ns	ns
S46 : G. Méca	21	ns	11	44	ns	ns	ns	ns
S47 : G. de l'Eau	ns	ns	ns	24	ns	ns	ns	ns
S48 : Pollution	84	110	79	214	41	62	ns	19
S49 : G. Energ	64	42	45	215	25	86	12	ns
S51 : Risques naturels	19	ns	ns	11	ns	7	ns	ns
S52 : Géochimie	13	35	ns	17	ns	17	ns	ns
S53 : Géologie	102	140	68	76	ns	30	18	ns
S54 : Géophysique	17	14	ns	33	ns	13	ns	ns
S55 : Météo	ns	ns	ns	10	ns	ns	ns	ns
S58 : Astro	ns	ns	ns	11	ns	ns	ns	ns

Principal	Stable	En hausse	En baisse
-----------	--------	-----------	-----------

Période 2001-2003. Source Pascal/Inist. Traitements P.L. Rossi, R. Waast/IRD

Le dernier tableau (sciences exactes et de l'ingénieur) montre pour sa part des progrès presque universels. Quelques scores sont cependant préoccupants (génie mécanique, génie de l'eau, génie énergétique assez faibles partout) et quelques involutions également (recul Jordanien sur un de ses points forts intéressants : le génie énergétique ; reculs au Maroc en STICs, BTP, mais aussi en sciences de la Terre...).

On pourrait évidemment commenter ces tableaux plus longuement. L'essentiel est pour nous de montrer leur existence, d'en proposer quelques niveaux d'analyse et les usages possibles. Dans chaque sous domaine apparaissent soit de véritables faiblesses régionales (génies sus cités ; STICS, à bien cibler ; et

toute les spécialités de biologie de base). Elles appellent correction, probablement par des alliances. Apparaissent aussi des « leaderships » sur lesquels s'appuyer ; des points déjà forts à développer au moyen de *coopérations* dans un voisinage (mathématiques notamment au Maghreb ; hydrologie à coupler avec les génies de l'eau et de l'irrigation...).

Si l'on veut plus de détails sur les établissements porteurs de capacités remarquables, avec lesquels s'allier dans un domaine particulier d'intérêt, on peut se reporter aux Tableaux de bord généraux des 8 pays, en y sélectionnant la ligne concernant ce domaine.

Mais il est peut être plus signifiant d'inventorier *les atouts de chaque établissement*. De leur combinaison peut résulter une stratégie utile, celle par exemple de spécialisation et de « labélisation » de l'établissement dans un ordre particulier de problèmes (par exemple : les problèmes *de l'eau*³⁴ ; ou ceux du risque naturel...). Le prochain outil s'y emploie.

8 Un Atlas des institutions : repérer les orientations des principales institutions

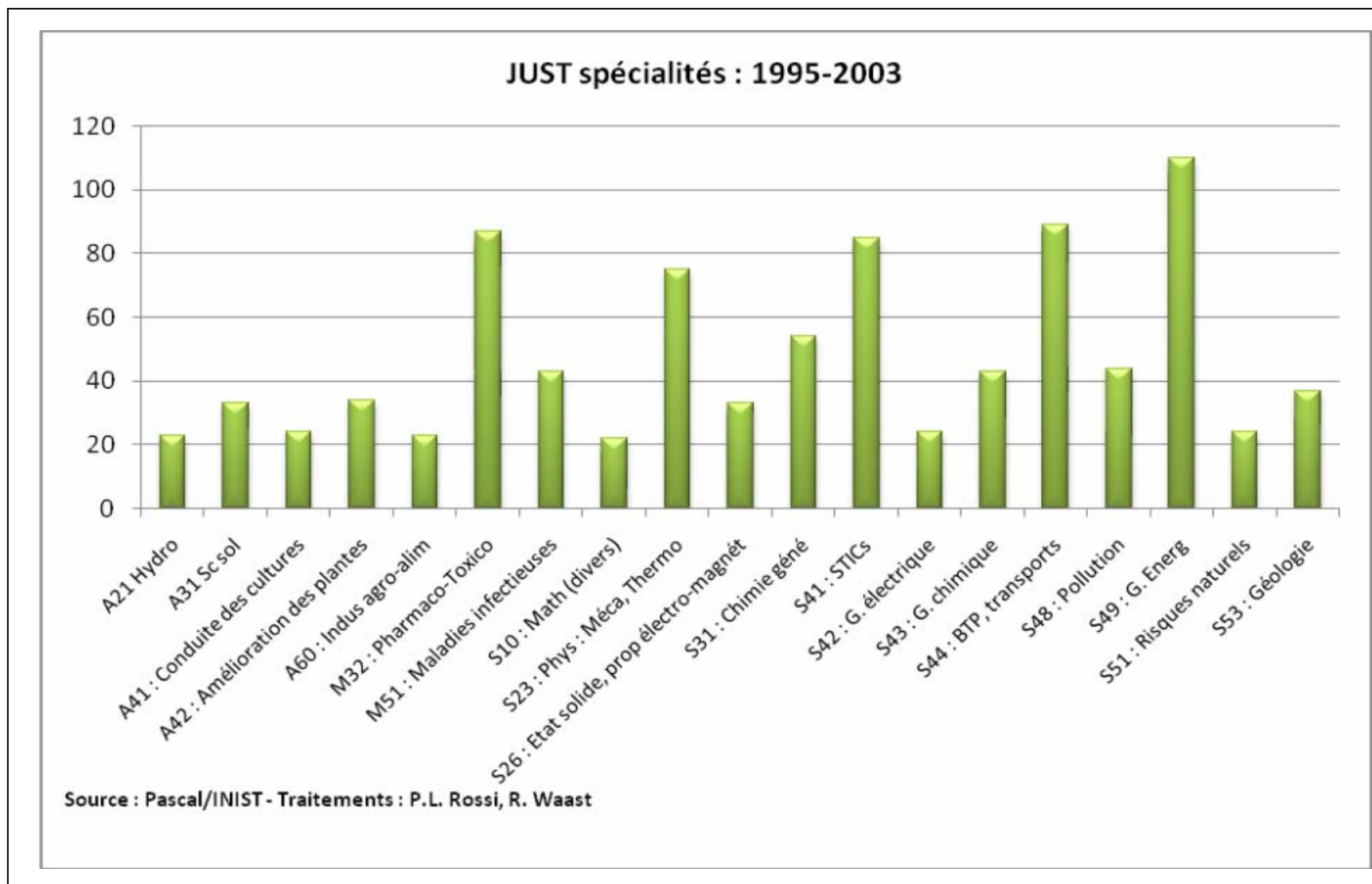
Nous avons effectué des «zooms» plus détaillés, construits *par établissement*. Il s'agit de faire ressortir leurs points forts, et leur évolution. L'objectif est d'aider ces établissements à construire des stratégies fines de spécialisation (y compris en connaissant les chercheurs sur lesquels s'appuyer).

Nous avons limité l'exercice aux plus grands établissements « généralistes », dans chaque pays. Les établissements déjà très spécialisés ne sont pas cartographiés, mais leur contribution est aisément lisible dans les tableaux de bord généraux (Ex. : Ecoles d'ingénieurs ; Centres de recherche dédiés à un sous domaine – comme le CERIST Algérien pour les S&T de l'information-communication...).

L'Atlas des institutions est un outil de bibliométrie fine. Comme précédemment, nous en montrerons un exemple.

³⁴ Label construit par l'Université de Kenitra au Maroc, en faisant converger des capacités en mathématiques, physique (matériaux, membranes), chimie (corrosion)... et bien sûr hydrologie, sols, physiologie des plantes (stress hydrique).

Figure 11. Spécialités JUST 1987-2003



8.1 La carte de points forts d'une Université (JUST à Irbid, Jordanie)

Le schéma précédent montre les performances sur une longue période de la Jordan University of Sciences & Technology à Irbid, Jordanie (1987-2003). L'histogramme fait ressortir les scores réalisés dans chaque sous domaine scientifique³⁵.

On remarque en premier lieu que, si la production est variée,

- les points forts sont *concentrés* en un petit nombre de domaines (5 à 10, sur 100 possibles)
- ces points forts concernent surtout des domaines *appliqués*
- deux d'entre eux sont largement dominants : la *pharmaco-toxicologie* (M32), et le *génie énergétique* (S49) ;
- suivent d'assez près : les S&T de *l'information communication* (S41) et le *génie civil* (BTP Transports : S44).

Viennent ensuite la mécanique & thermodynamique (discipline de base, aux applications en énergétique) ; la chimie générale et le génie chimique ; les recherches sur la *pollution* ; les travaux sur les maladies infectieuses (seule discipline médicale) ; les recherches sur l'amélioration des plantes ; et la géologie.

8.2 Discussion des points forts ou faibles de l'établissement.

A propos du même exemple (JUST University, Irbid), il est intéressant de se demander si, dans des domaines appliqués, il existe un lien (au moins potentiel) avec une *R&D industrielle*. On s'en assure en examinant les domaines où celle ci (même peu apparente, en tous cas par ses publications) se concentre. C'est ce qu'indique le tableau de bord du pays (annexe au rapport ESTIME Jordanie). On note alors que :

- La pharmaco-toxicologie est de loin le domaine où la R&D industrielle est en Jordanie la plus développée
- Ses autres domaines sont ceux du BTP_Transports ; des Pollutions ; des STICs et des biotechnologies³⁶.
- Les recherches appliquées de l'Université JUST semblent donc bien placées. Reste à vérifier (sur le terrain) que les liens existent bien avec la R&D.

Les spécialités de JUST sont *originales*. En Méditerranée Sud :

- la capacité en pharmaco toxicologie est l'apanage principal de 3 pays³⁷ : le Maroc (mais l'industrie liée y est faible), l'Egypte et précisément la Jordanie (avec une forte industrie corrélée)³⁸.

³⁵ Seuls sont mentionnés les domaines où le nombre des publications dépasse la moyenne de 1 tous les 3 ans.

³⁶ En géologie_géophysique, il s'agit de bureaux d'études, qui ne collaborent pas avec la recherche locale.

- le génie énergétique est une spécialité rare ; il est de plus souvent lié au seul pétrole. Ce n'est pas le cas en Jordanie, qui a développé une capacité particulière dans le domaine de l'exploitation des schistes bitumineux ; et qui s'intéresse à l'énergie solaire, ainsi qu'aux techniques du *froid* (en lien avec ses capacités en thermodynamique).
- le génie civil constitue un autre créneau utile ; les capacités en STICs et en biotechnologies, plus amont et encore modestes, sont néanmoins prometteuses, dans des domaines en pleine expansion.

8.3 Comparaison à d'autres établissements.

Dans le pays, JUST est l'établissement le plus actif en matière de recherche scientifique. On peut néanmoins *comparer* ses scores à ceux de l'Université historique du pays (Jordan University, à Amman).

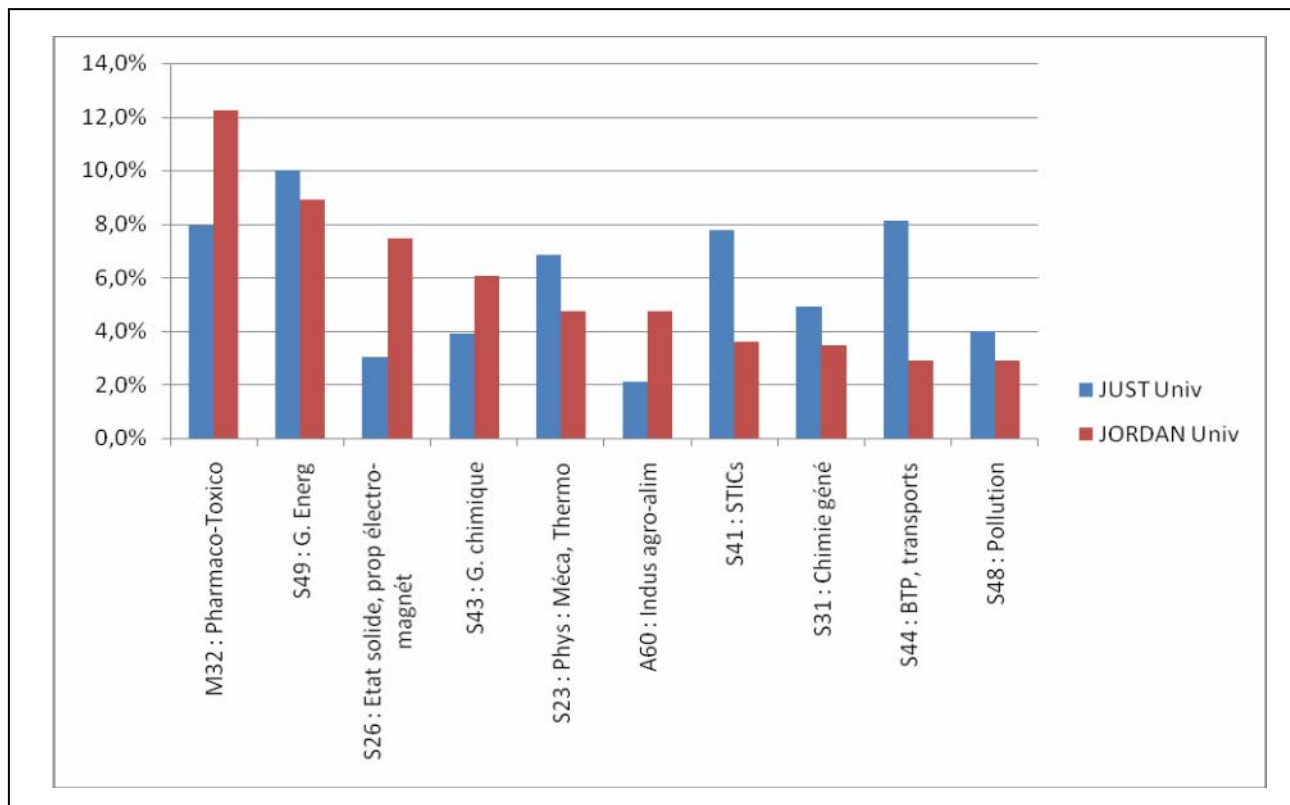


Figure 12. Spécialités comparées JUST et Jordan Univ, 1987-2003

On note alors que *les points forts se ressemblent* : notamment les deux premiers (pharmaco toxicologie et génie énergétique). Constituées d'abord à la capitale, ces spécialités ont été ensuite reproduites à Irbid où elles se sont développées avec plus d'énergie. Jordan University présente une capacité que JUST n'a pas

³⁷ Voir plus haut (§ 22) : Confrontation des Tableaux de bord méditerranéens.

³⁸ Reste à vérifier que les sujets traités sont bien positionnés (avis d'experts) : par ex, en pharmaco toxicologie, il ne s'agit pas de se consacrer à des plantes et substances – fussent elles localement répandues – déjà très étudiées et exploitées ailleurs dans le monde.

dans quelques sous domaines de base : théorie physique, propriétés électromagnétiques du solide. Sa principale originalité dans les domaines appliqués consiste dans une spécialisation en industries agro alimentaires, avec (à moindre degré que JUST) quelques forces en génie chimique et en BTP. Les forces en STICs, en biologie de base et en biotechnologies sont très limitées.

8.4 Auteurs Phare.

Il est enfin possible d'identifier les auteurs phare de chaque domaine. Cela peut être utile si on se pose la question de renforcer certains *domaines insuffisamment développés*. On pensera en ce cas à ***s'appuyer sur les établissements qui disposent de forces en la matière, et sur les chercheurs qui sont les principales « figures »*** de la spécialité.

Tableau 11. Auteurs les plus productifs et leur score (nombre d'articles enregistrés par PASCAL entre 1987 et 2003)

	JUST	U Jordan
Pharmacie M32	NAJIB N.M. 20 ALKOFAHI AS 12 ELBETIEHA AM 10 + 6 auteurs entre 5 et 7 articles	KHALIL E 10 + 11 auteurs entre 5 et 7 articles
Génie énergétique S49	AL NIMR 33 ABU HIJLEH BAK 22 ABU QUDAIS M 18 SHARIAH A 11 TAHAT MA 10 + 5 auteurs entre 5 et 7 articles	HAMDAN MA 16 JUBRAN BA 16 (aussi Physique) HAMMAD MA 12 BADRAN AA 10 KHRAISHA YH 10 + 1 auteur de 5 articles
Génie chimique S43		ZIHLIF A 22 AHMAD MS 10 + 5 auteurs de 5 à 7 articles
STICs S41	Mayyas K 9 Al Salameh MS 8 Dib NI 8 + 3 auteurs de 5 à 7 articles	
BTP Transports S44	AL MASAEID HR 11 AL HOMOUD AS 10 HUSEIN MALKAWI AI 10 Khedaywi TS 9 Md Taleb Obaidat 9 Hamed MM 8	
Physique du solide, propriétés électriques, électronique, S26		KHALIFEH J 23 HAMAD BA 13 (aussi G. Energ) + 1 auteur de 5 articles
Physique divers	HASAN MK 18 ALDOSS TK 15 AZIZ KA 14 AL OMARI 13	HAMDAN MN 18 (aussi G. éner) SALEH NS 13 QAISI M 11

Par établissement, puis par domaine au sein de chaque établissement, on a listé les auteurs qui ont fait des contributions. On doit nettoyer cette liste (car les erreurs d'orthographe sont courantes) puis on doit la classer par fréquence des contributions³⁹.

Nous avons réalisé cet exercice pour les Universités JUST et Jordan, dans leurs principales spécialités.

Même dans ces domaines, qui sont ceux d'excellence de chaque Université, on notera que la production repose sur quelques « figures », peu nombreuses. Ces talents sont précieux. Il importe de les connaître⁴⁰.

Ces données conduisent à s'interroger plus généralement sur le potentiel disponible.

8.5 Potentiel disponible et actif.

La question n'est pas simple. La bibliométrie peut contribuer à l'éclaircir, sans donner de solution assurée : plutôt des ordres de grandeur, plausibles.

Chacun sait que beaucoup de « chercheurs » statutaires sont loin de réaliser des travaux personnels. Certains ne font qu'enseigner. D'autres se contentent d'encadrer les travaux des étudiants. Quelques uns s'en tiennent à la consultance, à l'ingénierie, au service aux entreprises. Ce sont autant d'activités qui relèvent des multiples « métiers de la recherche » (il est même parfois recommandé aux chercheurs d'y consacrer une part de leur attention et de leur temps). Mais elles ne valent pas recherche à elles seules, c'est-à-dire contribution originale à l'avancement du savoir et à l'imagination de ses applications⁴¹. Il y a donc un écart (souvent grand) entre le *potentiel scientifique théorique* (les « statutaires ») et **le potentiel disponible**.

Ce dernier se compose de chercheurs assidus, mais aussi de chercheurs éphémères : « passagers » de la recherche (à laquelle ils peuvent apporter une contribution ponctuelle de qualité). Il s'agit d'étudiants qui feront carrière dans d'autres professions⁴², d'amateurs parfois, de nationaux en passe d'émigrer ou de visiteurs étrangers, de statutaires aussi, qui ont de nombreuses activités parallèles. Leur participation à des projets de recherche laisse en tous cas généralement une trace écrite, comme il se doit dans une activité où la norme est de *publier*. Et ces traces viennent s'inscrire dans les bases bibliographiques, beaucoup plus qu'on ne croit⁴³.

³⁹ On peut faire cette opération non par établissement, mais directement au niveau du pays. Reste alors à connaître l'affiliation de tel ou tel auteur.

⁴⁰ A l'échelle de la Jordanie, les auteurs de plus de 15 articles (en moyenne 1 par an sur longue période) ne sont *guère plus d'une cinquantaine*. Ils appartiennent à un tout petit nombre d'établissements et certaines universités n'en comptent pas plus de 1 ou 2.

⁴¹ Beaucoup plus proches de l'amont que le simple développement de produits et procédés, et que l'ingénierie.

⁴² C'est heureux : la recherche est formatrice, et ne devrait pas être réservée aux seuls futurs enseignants.

⁴³ Certes tout n'est pas saisi, loin s'en faut. Mais le jeu des *co-signatures* fait remonter l'ensemble des participants d'un projet. Si ce projet est bon, il finira par donner lieu à un article dans une revue analysée dans les principaux réservoirs bibliographiques tels que SCI ou Pascal.

Pour le stratège, soucieux de bâtir un laboratoire, un réseau, une capacité durable dans une spécialité donnée, il importe cependant de pouvoir compter sur des « piliers » de la recherche. Il s'agit de permanents, qui publieront plus ou moins intensément, mais régulièrement. Ils produiront eux-mêmes et ils encadreront. Ils seront épaulés par les « passagers », dont la contribution multiplie les capacités disponibles mais qui ne peuvent assurer la pérennité de l'œuvre. Il faut donc distinguer, au sein du potentiel disponible, le **potentiel actif** des chercheurs assidus, susceptibles de maintenir un groupe de recherche.

La bibliométrie permet d'avoir une vue approchée de ces strates distinctes.

Certes, les bases bibliographiques peuvent se tromper sur certaines personnes, composant le potentiel actif. Elles surestiment certains chercheurs, qui ont une stratégie de publication acharnée et rusée. Elles en sous estiment d'autres, qui ne visent pas les revues internationales, ou qui publient à leur rythme des œuvres rares et fortes. Mais à l'échelle des grands nombres (et ceux qu'elles traitent le sont) elles dessinent de façon convaincante l'anatomie du « peuple scientifique », qui crée du savoir au sein d'un pays, d'un domaine ou d'une institution.

Nous proposons ici une méthode d'analyse, au travers d'un exemple (encore celui de la Jordanie ; mais la même démarche peut être appliquée à n'importe lequel des pays méditerranéens).

Le principe est d'identifier les auteurs qui, sur longue période, contribuent plus ou moins à la production écrite. On les répartira en strates, et on mesurera la concentration de la production dans chaque institution, par domaine. Nous avons effectué l'exercice en utilisant les fichiers « Auteurs », déjà construits pour les universités JUST et Jordan University. Nous nous en tenons aux 4 domaines d'excellence de chacune. Notre investigation porte sur les 10 dernières années. Par convention, nous considérons comme :

- « Très actifs » les auteurs qui ont produit au moins 10 articles de 1995 à 2004 (en moyenne 1 par an).
- « Actifs » ceux qui ont produit 5 à 9 articles dans la période (1 tous les 2 ans)
- « Disponibles » ceux qui ont produit 2 à 4 articles dans la période (1 tous les 3 à 5 ans)
- « Ephémères » ceux qui n'ont produit qu'un article

En nombre d'auteurs, le résultat est le suivant :

Tableau 12. Auteurs dans le Génie énergétique, JUST et Jordan Univ., Jordanie

	JUST				JORDAN			
	Pharma-Tox	G. Energ	BTP	STICs1	Pharma-Tox	G. éner	G. chim.	Phy solide
Très actifs	3	5	2	0	1	5	2	2
Actifs	6	5	6	6	11	1	5	1
Dispos	45	17	22	27	25	14	14	29
Ephémères	129	70	77	86	123	46	42	57
Total auteurs	183	97	107	119	160	66	63	89

En termes de production (nombre d'articles en 10 ans), on obtient :

Tableau 13. Nombre d'articles, Génie Énergétique, JUST et Jordan Univ., Jordanie

	JUST				JORDAN			
	Pharma	G. éner	BTP	STICs	Pharma	G. éner	G. Chim.	Phy solide
Très actifs	41	73	21	0	10	64	32	36
Actifs	27	37	58	44	65	5	36	5
Dispos	115	58	39	67	73	32	35	91
Ephémères	129	70	77	86	123	46	42	57
Total participations	312	238	195	197	271	147	145	189

La concentration varie quelque peu selon les disciplines.

- En sciences de l'ingénieur, les chercheurs actifs, qui sont 8 à 10 %, réalisent à eux seuls 50 % de la production (génies chimique, énergétique, BTP...).
- La pharmacologie est la moins concentrée : néanmoins, 10 % des chercheurs réalisent plus d'un tiers des travaux, et 20 % sont co auteurs de plus de la moitié.
- Il y a plus d'auteurs réguliers (25 %) et un peu moins d'éphémères en sciences de base. A l'inverse en STICs, la production est plus diffuse, sans grands auteurs phare.

De façon générale, on note que :

- Les *producteurs éphémères* (1 article en 10 ans, souvent le seul de leur carrière) sont légion : généralement 70 % des auteurs enregistrés.
- La production repose en chaque domaine sur *une base (très) étroite de chercheurs actifs* ou très actifs.
- 5 à 10 % des auteurs (actifs ou très actifs) co- signent 30 à 50 % des publications. Ils sont une centaine par université (une dizaine et parfois moins dans chaque domaine d'excellence).
- 1 à 3 % des auteurs (très actifs) sont signataires, seuls ou en collaboration, de quelque 20 % de la production totale. Ils sont une trentaine au maximum dans l'Université : 1 à 5 par domaine.

Le potentiel disponible est donc fragile. Pour toute l'Université, il peut s'évaluer à *une trentaine de chercheurs très actifs, et une centaine d'actifs*⁴⁴.

⁴⁴ En extrapolant à l'échelle du pays, on peut évaluer le nombre d'actifs à deux ou trois centaines, et celui des personnes disponibles à un ou deux milliers.

- Si dans chacune des grandes universités le potentiel théorique est d'environ 1 500, celui disponible pour la recherche est d'environ 300, et celui « actif » de quelque 100. Par domaine (même d'excellence)⁴⁵, on ne compte guère plus d'une dizaine d'actifs, et de 20 à 30 chercheurs plus ou moins disponibles. Il se pose donc des *problèmes de masse critique*. Ceux-ci ne peuvent se résoudre que dans le cadre de collaborations (inter-établissements ou avec l'étranger : voir le chapitre suivant : Réseaux)

8.6 Le choix des sujets.

La petite taille des communautés scientifiques, et le poids des figures en leur sein, font que ces dernières orientent leur discipline : son style et son **choix de sujets**. On peut donc s'intéresser à leurs options.

Pour ce faire, à partir du fichier Auteurs (JUST et Jordan, domaines d'excellence), nous avons sélectionné les chercheurs très actifs, et listé les titres de leurs publications. Dans le cas du Génie énergétique (spécialité Jordanienne originale), il est par exemple possible de remarquer ce qui suit :

Les principaux sujets concernent aujourd'hui l'énergie solaire. Ils s'appuient sur des compétences de la même Université en mécanique, mathématique et thermodynamique. Ils sont toutefois envisagés sous l'angle de l'ingénierie. Ils concernent l'amélioration de dispositifs en rapport avec des besoins locaux : chauffage de serres, climatiseurs, bassins solaires, désalinisation...

On pourrait dire qu'un certain nombre de physiciens ont ici bien orienté leur discipline, en la tournant vers des travaux utiles de façon pragmatique ; ils tiennent compte de développements déjà réalisés par l'industrie internationale, sans vainement s'attacher à les concurrencer ; mais en adaptant les dispositifs et en s'efforçant d'y intégrer plus de valeur ajoutée locale (usage de matériaux locaux : argiles, etc).

Un tel jugement relève toutefois d'une évaluation par les pairs internationaux, telle que celle récemment organisée par le Maroc à propos de son système national de recherche. La bibliométrie atteint ici ses limites. Elle peut seulement proposer aux experts une sélection de sites majeurs à visiter, et un dossier préparatoire contenant des listes de publication récemment réalisées.

9 Réseaux de collaboration.

Il n'est souvent pas facile de rassembler, sur un même site, une masse critique de chercheurs d'un domaine particulier. A défaut, il peut être souhaitable de soutenir des réseaux de compétences.

Certains de ces réseaux sont déjà établis. La co-signature d'articles en témoigne. On peut s'intéresser aux collaborations construites par les chercheurs eux-mêmes au sein de leur institution ; ou avec des collègues d'autres établissements (éventuellement étrangers).

⁴⁵ Dans toutes les Universités Jordaniennes (examinées en détail), 25 à 33 % de la production se rattache à 4 sous domaines majeurs ; et plus de 50 % à 10 sous domaines (sur 100 possibles dans notre découpage). Il y a donc une grande spécialisation de fait. A JUST et Jordan, 33 % de la production relève de 4 spécialités majeures ; et 60 % à 10 sous domaines, même si 50 sont (faiblement) représentés.

On peut aussi souhaiter identifier les liens entre institutions : soit au sein du pays, soit en coopération avec d'autres régions du monde.

Nous avons développé des outils pour mener cette investigation. Notre base bibliographique enregistre les noms des divers auteurs de chaque article. Il est donc possible de mesurer la fréquence de leurs co-occurrences.

On peut aussi repérer la présence conjointe de 2 établissements dans le champ adresse d'un même article.

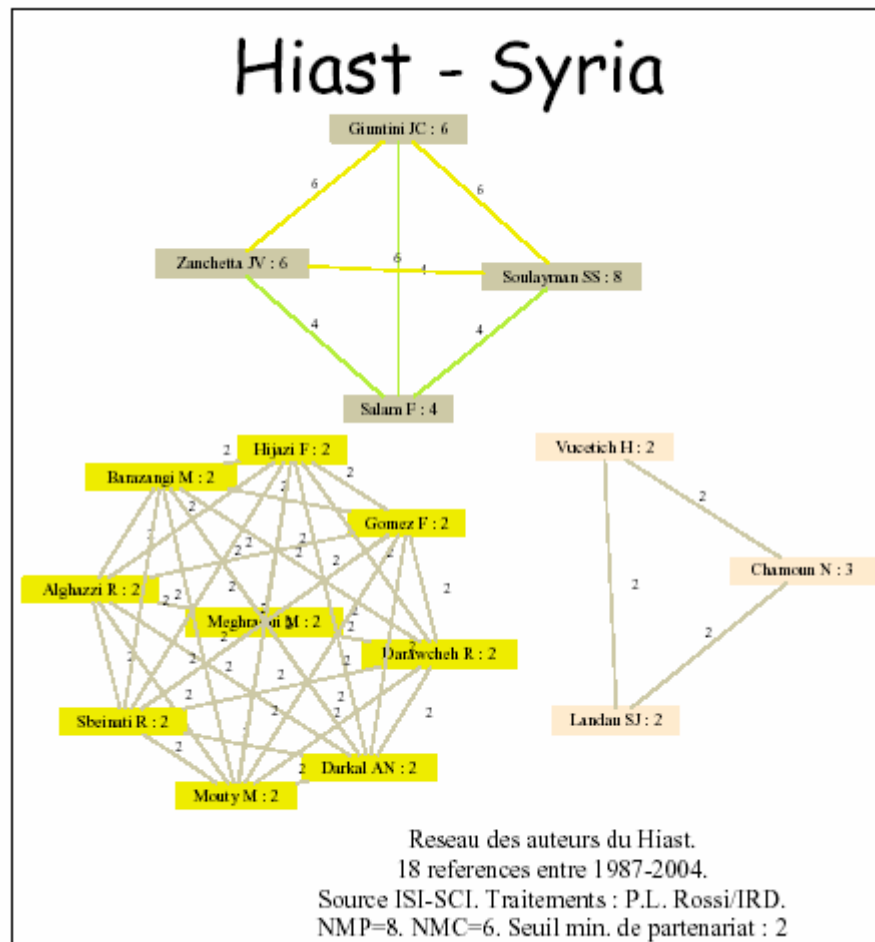
Ces résultats seront représentés sur des graphes.

Ces opérations ne sont pas parfaites. D'une part les bases n'ont pas normalisé le nom des auteurs. Une même personne peut n'être pas reconnue comme telle, parce qu'elle figure sous des orthographes différentes (soit par erreur, soit parce que les prénoms sont indiqués par plus ou moins d'initiales et dans un ordre différent). D'autre part, la graphie des établissements n'est pas non plus standardisée. Nous y avons remédié pour les institutions de chaque pays ; reste à le faire pour le monde entier si l'on veut étudier les collaborations étrangères. C'est un énorme travail que nous n'avons pas accompli en détail : nous nous sommes contentés de recoder les établissements étrangers sous le seul nom de leur pays (quand il y avait peu de coopérations), ou en y adjoignant celui de la ville concernée (quand il y en avait beaucoup, et seulement dans le cas de villes très actives).

Voici néanmoins quelques résultats parlants qu'il est possible de commenter.

9.1 Collaborations entretenues par les auteurs d'une institution (HIAST, Syrie)

Figure 13. Collaborations entretenues par les auteurs d'une institution (HIAST, Syrie)



3 groupes distincts apparaissent :

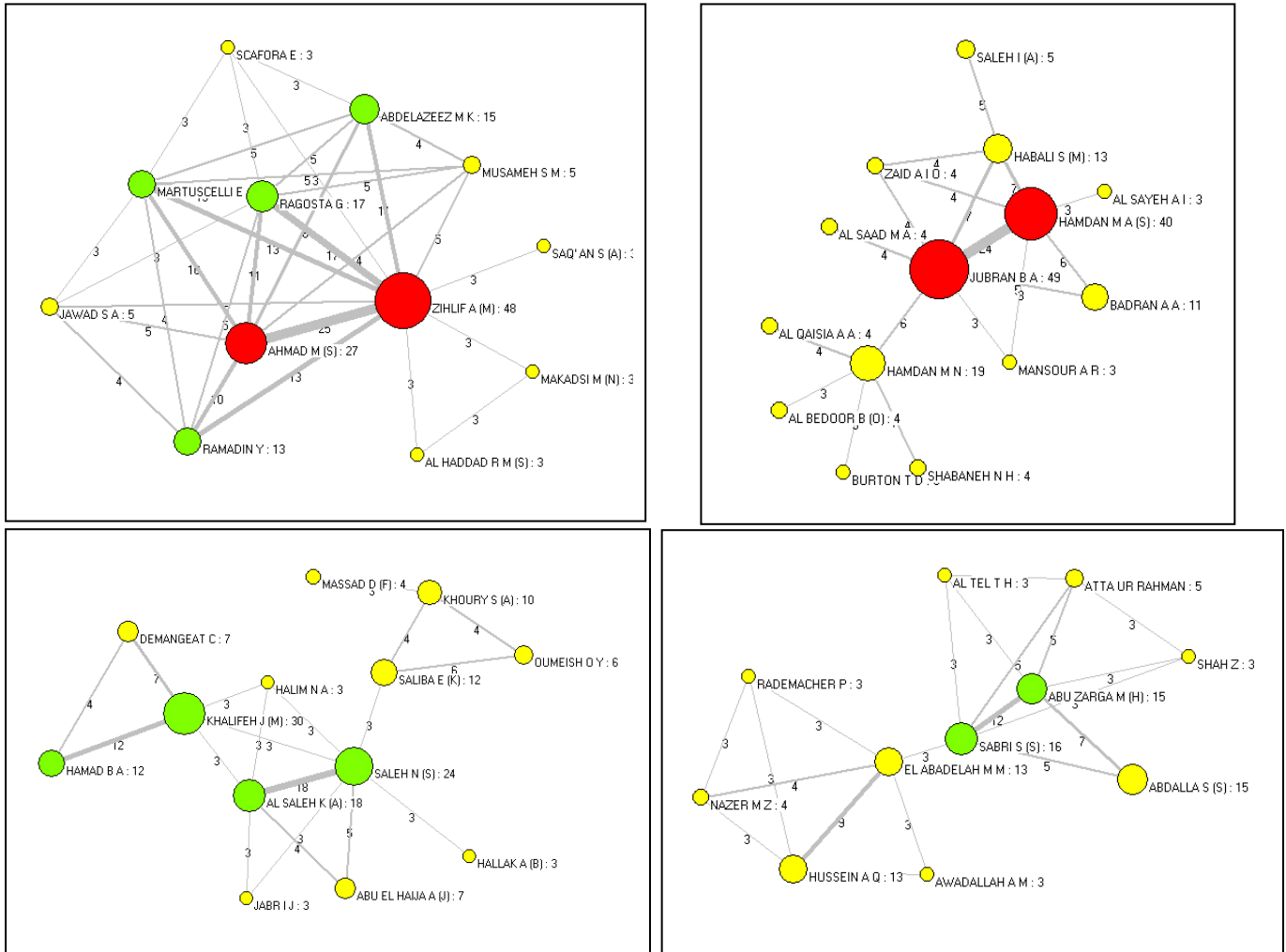
- un *triangle* constitué par 1 chercheur (Chamoun) et ses deux collaborateurs (étrangers, et probablement de la même institution). La coopération est limitée (peut être à un seul épisode).
- un *losange* de coopérations suivies, entre 2 chercheurs (Soulayman et Salah) et leurs correspondants étrangers familiers (Giuntini et Zanchetta)
- enfin un *réseau dense d'une dizaine* de chercheurs, tous du HIAST. Elle s'est peut être nouée à l'occasion d'un Congrès ; ou dans le cadre d'un projet ponctuel de recherche. Elle fait en tous cas ressortir un domaine de spécialité, donnant lieu à un écheveau de collaborations.

Ces figures sont présentées, parce qu'elles sont les plus couramment construites par les chercheurs eux mêmes, et qu'elles sous tendent tous les réseaux plus complexes.

9.2 Autre exemple : les collaborations structurant la recherche de Jordan University.

La figure suivante illustre quatre réseaux de collaborations d'auteurs de Jordan University.

Figure 14. Collaboration entretenues par une université: Jordan University



Le premier (en haut à gauche) est un enchevêtrement construit autour de deux tandems : celui (étranger) de Ragosta et Martuscelli, et celui très productif de Ahmad et Zihlif (ce dernier est l'un des auteurs les plus féconds de Jordanie). Le tandem jordanien attire d'autres chercheurs actifs (Ramadin, Abdelazeez et d'autres), qui se lient à leur tour dans cet écheveau. Les relations avec les Italiens coopérants ne sont monopolisées par personne. Il s'agit d'une véritable équipe, principalement de chimistes et de physiciens, travaillant dans le domaine du *génie des matériaux*.

Le deuxième réseau (en haut à droite) est plus composite. Son cœur est constitué d'un petit groupe aux relations denses, dont la spécialité est le *génie énergétique* (froid, énergie solaire). Les deux principales figures (Hamdan M.A. et Jubran B.A –eux aussi parmi les plus productifs du pays) ont des activités connexes en math et en physique. Jubran entretient notamment une collaboration suivie avec un autre petit groupe de physiciens, situés dans la mouvance de Hamdan M.N. Sans s'y consacrer exclusivement, on peut donc dire que ces deux « maîtres » ont vigoureusement orienté leur discipline (la physique)

vers une spécialité judicieuse (mécanique, thermodynamique, et en application : génie énergétique).

Le troisième réseau (en bas à droite) est une constellation. Elle conjoint trois petites équipes bien dessinées, opérant dans les domaines de la *physique* théorique et de la physique du solide. Chacune est construite autour d'une étoile (ou d'un binôme très productif). Leurs liens sont faibles. Chacune a son (ou ses) coopérant(s) propre(s). En entrant dans plus de détails, on pourrait voir que divers chercheurs entretiennent des liens occasionnels avec leurs homologues d'autres universités⁴⁶.

Le quatrième réseau enfin (en bas à droite) opère en *pharmacologie*. Il témoigne d'une intéressante interdisciplinarité, entre d'une part un groupe de chimistes (en bas à gauche, par l'intermédiaire de El Abadelah) et un groupe de biologistes (en haut à droite, par l'intermédiaire de Sabri, associé à Abu Zarga). Les biologistes ont diverses spécialités : biologie de base, mais aussi botanique, biologie végétale, et biologie animale. Cette combinaison très complète est parfaitement adaptée au domaine.

Pour conclure : on notera d'abord que les 4 réseaux qui ressortent correspondent exactement aux 4 domaines d'excellence de l'Université. *Les domaines forts sont donc liés à une structuration serrée.*

On note aussi que les réseaux sont formés *autour de chercheurs très productifs*. On retrouve en leur sein (sans doute à leur origine) la quasi-totalité des chercheurs actifs relevés dans le tableau 11.

Les chercheurs majeurs s'intéressent à la fois à la science de base et à ses applications, ce qui les conduit à orienter leur discipline vers une spécialité (et à y faire école).

Enfin, la quasi-totalité des collaborations ont lieu entre enseignants de l'établissement. Par contre, chaque réseau construit ses liens hors des frontières, souvent dans la durée : ce qui fait apparaître des noms étrangers parmi les co-auteurs fréquents.

Ces résultats ne sont pas propres à Jordan University. Nous les retrouvons dans les grandes universités de recherche du pays. En résumé :

- On notera l'importance de quelques **figures de proue**, et de leur réseau de correspondants *étrangers fidèles*, pour structurer des domaines d'excellence.
- Les grands noms s'intéressent à *la fois à la science de base et à ses applications*. C'est ce qui leur permet de choisir des niches anticipatrices, pour structurer en réseau une spécialité forte. On le voit à Jordan University en physique et en biologie ou à JUST en chimie.
- Au sein de ces réseaux, tous les auteurs jordaniens appartiennent à une même université. Et ils sont stables : au cours de leur carrière, très peu d'entre eux s'attachent à différents établissements⁴⁷. Il y a donc place pour de véritables *stratégies d'institution*, tablant sur un personnel durable et qualifié.

⁴⁶ A l'occasion par exemple de congrès internationaux, comme celui organisé par Yarmouk et où participèrent tous les spécialistes jordaniens du domaine et leurs coopérants étrangers.

⁴⁷ Une seule exception : Mousa MS, dont le nom (en Physique) est intensément associé aux trois Universités Hashemite, Balqa et de Karak.

9.3 Collaborations entre établissements (IAV, Maroc)

L'institut Agricole et Vétérinaire Hassan II (IAV) est un établissement prestigieux. Le graphe des collaborations entretenues au long de 2 décennies reflète le double modèle qui a inspiré son histoire : celui des « Grandes Ecoles » d'ingénieurs à la française (où beaucoup de ses cadres ont effectué leur première graduation), et celui des « Land Grant Universities » à l'américaine (où nombre d'enseignants ont fait un PhD). De cette double inspiration, l'Institut a tiré une stratégie de coopération, puis de positionnement, national et international, qui lui a valu renommée durable bien au-delà des frontières.

Le graphe suivant rend compte des collaborations (co signature d'articles) observables entre ses chercheurs, et d'autres appartenant à des établissements. Les institutions étrangères sont désignées par leur pays d'origine, et parfois leur désignation plus précise.

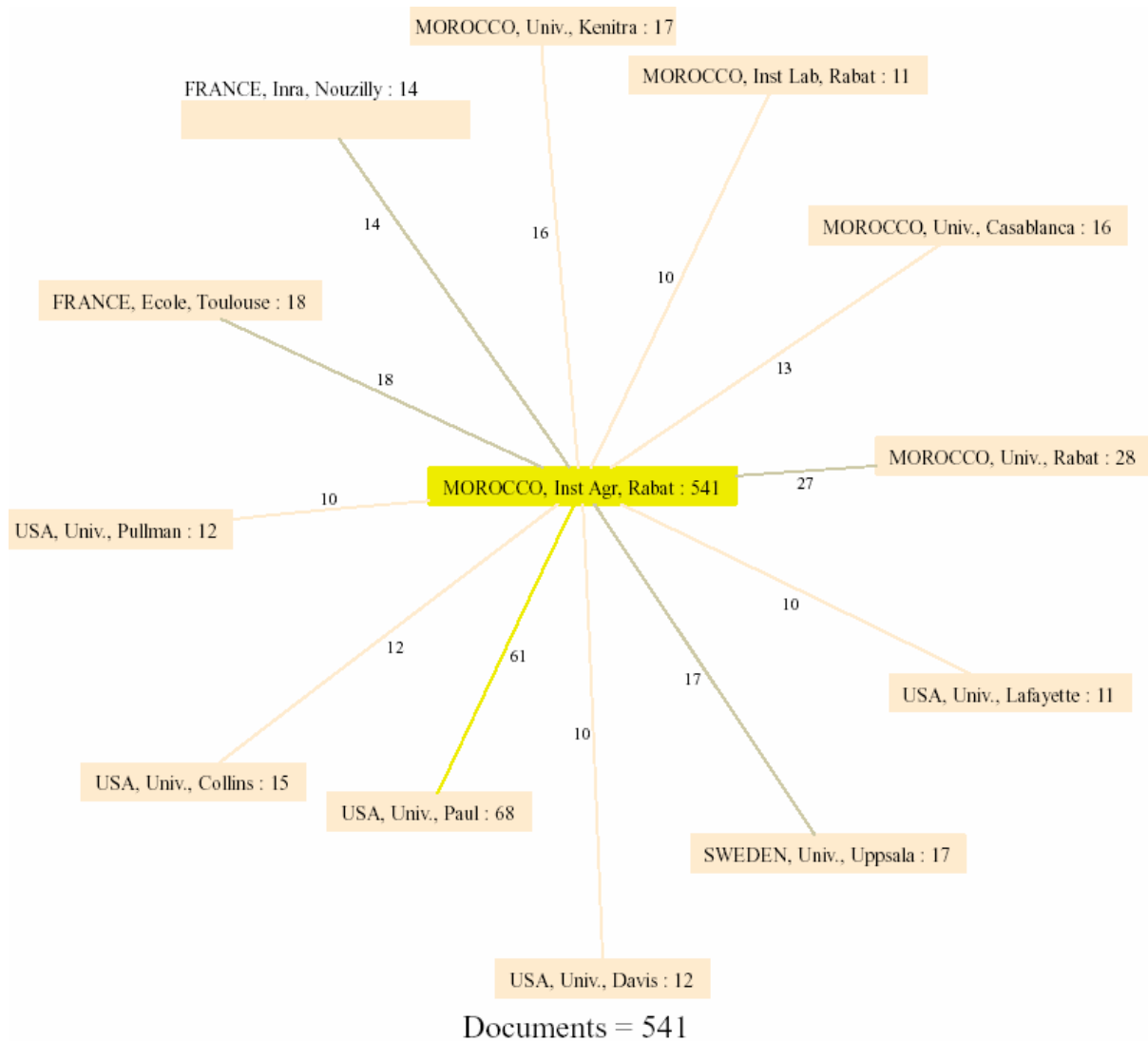
Par construction, le schéma est centré sur l'institution. On notera cependant que *les collaborations* dans lesquelles l'IAV s'est durablement engagé **sont exclusives**. Aucun lien n'est visible entre établissements impliqués, et la quasi-totalité des travaux cosignés le sont en bilatéral.

Les collaborations se développent dans trois espaces :

- l'espace national (avec l'Institut national de recherche agronomique, et les universités les plus proches : Rabat, Kenitra, Casablanca) ;
- l'espace européen (largement dominé par la France, et son dispositif non pas d'Universités mais d'Ecoles et de Centres de recherche spécialisés) ;
- enfin l'espace américain (représenté par une large variété d'universités agricoles des USA, qui ont poussé les enseignants à l'écriture : notamment pendant la réalisation de leurs PhD, parfois au-delà).

La diversité des partenaires suggère que *les coopérations sont entretenues (voire initiées) au niveau des subdivisions de l'établissement*, de ses Départements et même simplement de ses chercheurs, aux initiatives foisonnantes. C'est la force de l'Institut, avec l'avantage de collaborations souples, adaptées à des besoins divers. Ce peut être une limite, si les chercheurs ne mettent plus en avant le drapeau de l'institution, et si celle-ci n'a plus d'idées pour construire son label.

Figure 15. Coopérations entretenues par un département de l'IAV (Maroc)



9.4 Collaborations à l'échelle d'un pays (Jordanie)

Les collaborations qui se développent à l'échelle d'un pays sont rarement le reflet d'une stratégie nationale : elles résultent de liens construits à des niveaux plus cachés : ceux d'établissements – voire encore une fois de chercheurs.

Il est intéressant d'en examiner la configuration, variable on va le voir. Commençons avec le cas de la Jordanie.

Le graphe est centré autour d'un axe liant les 2 grandes universités de recherche : Jordan et JUST.

9.5 Collaborations à l'échelle d'un pays (Algérie)

La configuration des collaborations construites en Algérie est plus complexe.

Le schéma d'ensemble est trop vaste pour être ici utilement reproduit.

Il en ressort que :

- les universités sont peu liées entre elles⁴⁸.
- chacune entretient par contre de multiples liens avec une profusion de partenaires étrangers (principalement français).

D'autre part, si l'on observe le détail, d'intéressantes configurations apparaissent. Nous en donnons quelques exemples, qui ne se retrouvent pas dans nos précédents exemples.

Certaines figures traduisent la participation à de grands projets internationaux. Ceux-ci mettent en coopération des formations de recherche de plusieurs pays, notamment européens et méditerranéens, sur des objectifs ambitieux (par ex. à la figure suivante : travaux sur les maladies génétiques, reliant diverses formations en Algérie, au Maroc, et en France avec des partenaires d'excellence). (Graphique réseau)

Un autre exemple montre l'intégration de l'Université de Tlemcen dans un puissant réseau, qui l'unit à des formations prestigieuses de France et d'Allemagne (deuxième suivante).

⁴⁸ Celle de Sidi bel Abbes fait exception, avec quelques liens créés avec ses voisines d'Oran. Mais la proximité ne suffit pas : Tlemcen et Oran, Alger et Tizi, pourtant peu éloignées n'ont pas de liens.

Figure 17. Collaborations dans les travaux sur les maladies génétiques (Algérie)

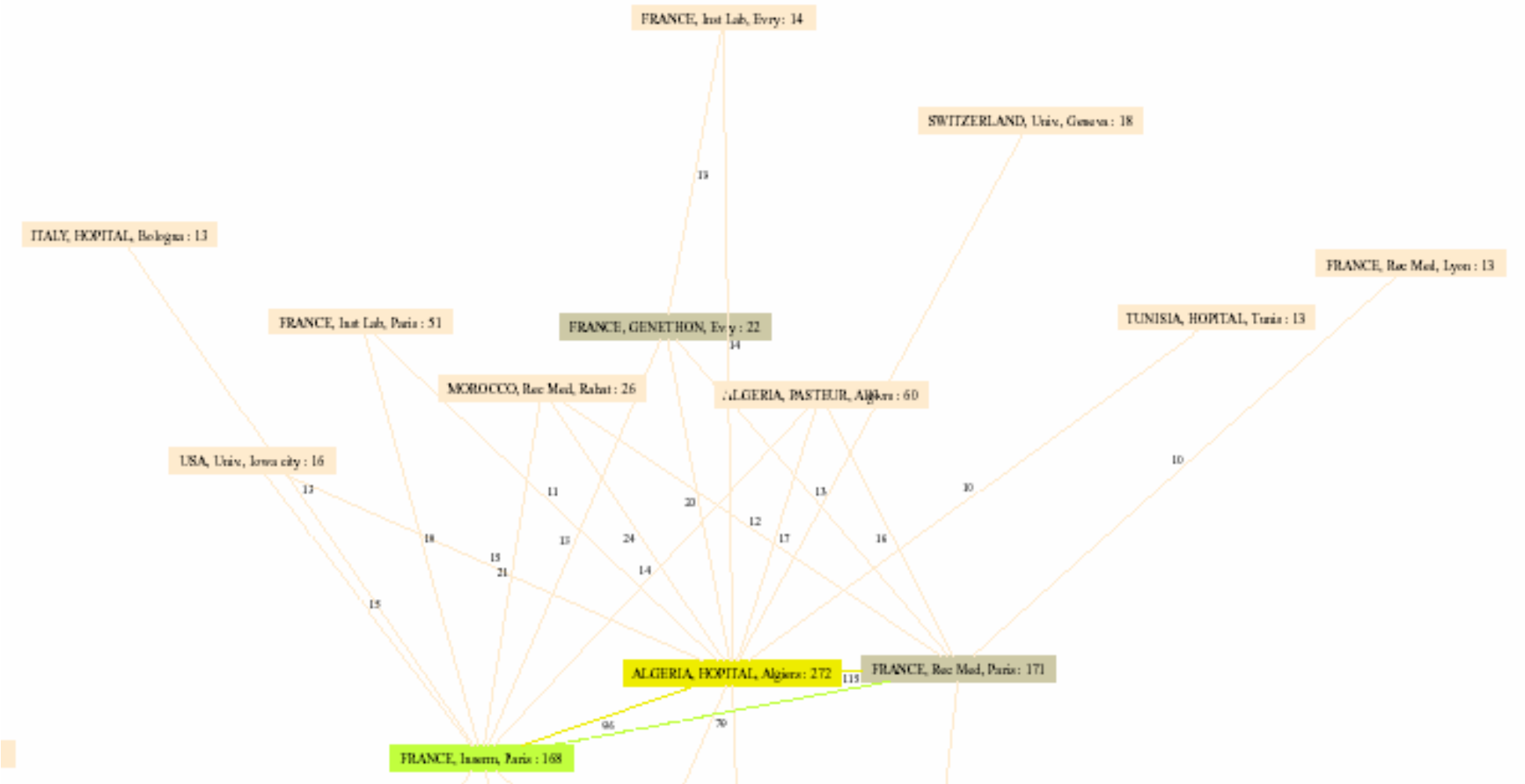
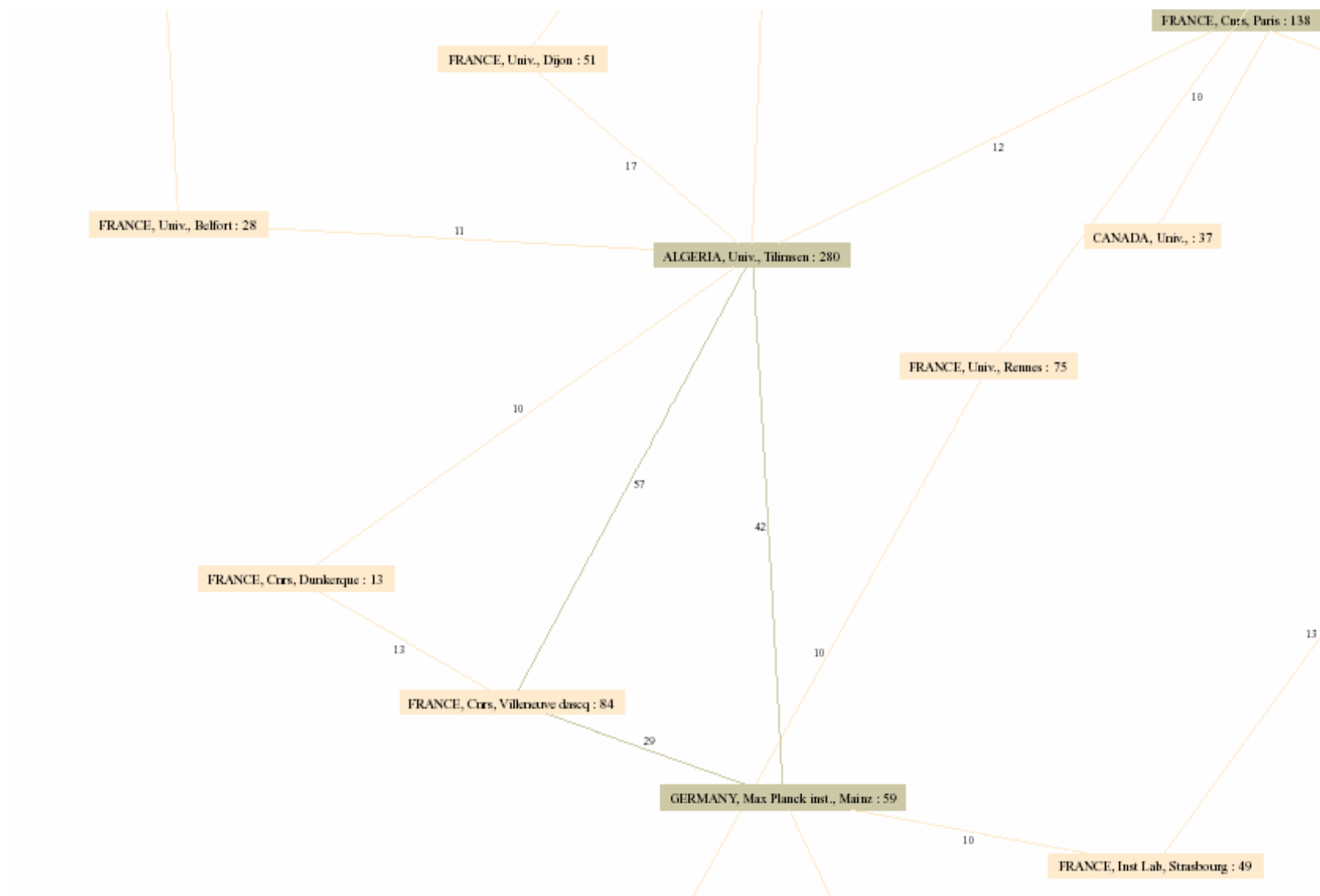


Figure 18. Collaborations autour de l'Université de Tlemcen (Algérie)



10 Conclusion

Les outils de bibliométrie fine que nous avons élaborés devraient être utiles aux responsables de l'activité scientifique. Les indicateurs classiques (présentés en Première Partie de ce Rapport) situent un pays par rapport au reste du monde. Mais ils ne suggèrent guère de chemin pour améliorer la situation. Les instruments de bibliométrie fine permettent de connaître en détails les forces disponibles dans le pays.

D'un coup d'œil, le « Tableau de bord » donne à voir le potentiel existant (souvent méconnu), site par site dans une centaine de spécialités. Il est possible d'analyser ses points forts et faibles ; de mesurer ses progrès, et d'apercevoir les régressions préoccupantes.

L'Atlas des institutions livre des indications détaillées au niveau des établissements. Il permet d'imaginer des stratégies de labellisation, et d'identifier les personnes susceptibles de les porter.

L'analyse du potentiel actif permet de poser les questions de masse critique. L'étude des Réseaux fait ressortir des alliances de plus ou moins grande portée, qui soutiennent durablement les forces engagées.

Ces éléments stimulent la réflexion sur les mesures de support souhaitables, leur lieu d'application et leurs chances de succès. La bibliométrie par contre ne permet pas de se prononcer sur la qualité des contributions ; ni sur la « bonne orientation » d'une spécialité et de son choix de sujets. La suggestion de niches réalistes, et anticipatrices, est le privilège d'évaluateurs au fait des avancées de la science mondiale, et de ses enjeux socio économiques. Un travail bibliométrique fouillé constitue la meilleure préparation à leur intervention.