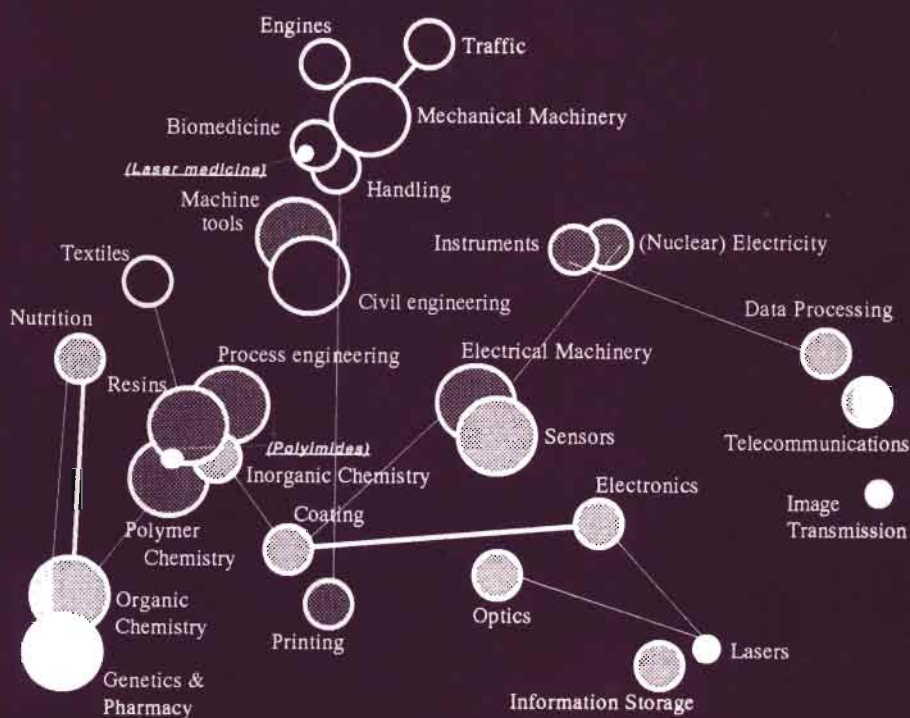


Mina KLEICHE DRAY
Roland WAAST

LE MAROC SCIENTIFIQUE



Editions PUBLISUD

Le Maroc scientifique

Parus dans la collection L'Observatoire des sociétés :

- Edification étatique et environnement culturel. Le personnel politico-administratif dans la Tunisie contemporaine. Asma Larif-Beatrix
- Poétique des cafés. Monique Membrado
- Paroles d'Arabie et d'Afrique. E. Weber, R. Gauthier
- Les lieux du corps en Islam, T. Zannad Bouchrara
- Femmes et hommes au Maghreb et en immigration. La frontière des genres en question. C. Lacoste-Dujardin, Marie Virole
- L'étatisme à la Française. Peut-on re-légitimer le « service public » ? France en Europe. Philippe Brachet
- Recherches-Actions. Sciences, Développement, Démocratie. Khalid El Andaloussi
- Service public et démocratie modernes aux niveaux local, national européen, mondial. Philippe Brachet
- La mémoire collective des femmes de la Méditerranée dans l'émigration. Etude de cas : Naples et Tunis. G. Pecchinenda et T. Zannad Bouchrara
- L'Homme en Islam : historicité et ouverture. N. Koribaa
- Qui à peur de la culture. Une théorie scientifique de la culture. R. Chasle
- La mémoire du temps. Maroc, pays de l'inachevé. L. Brouksy
- Le futur du monde Arabe a-t-il un avenir ? A. Laroui
- Les services publics en Europe. Pour une régulation démocratique. Sous la direction de Pierre Bauby, Henri Coing et Alain de Tolédo
- Vieillir dans la dignité. Les immigrés Maghrébins vieillissants du centre ville de Marseille. Sous la direction de Nadia Bentaleb

© Editions Publisud, 2008

Tous droits de reproduction et de traduction réservés

ISBN – 978-2-86600-861-8

ISSN : 0993-6904

MINA KLEICHE DRAY
ROLAND WAAST

Le Maroc scientifique

Préface de Omar Fassi-Fehri

Sommaire

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

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

À propos des auteurs

Les éditeurs

Mina Kleiche Dray

Biochimiste. Historienne des sciences. Chargée de recherches à l'IRD. Mina Kleiche a résidé au Maroc de 1995 à 2004. Elle y a conduit plusieurs enquêtes sur l'histoire de l'agronomie (théories et doctrines) et sur celle des agronomes (choix d'action, controverses et rôle social). Elle a également étudié, dans l'actualité, la population des diplômés chômeurs, et l'activité des sciences sociales francophones. Elle a écrit sur ces thèmes articles et ouvrages. Mina Kleiche a dirigé sur le terrain le Projet européen d'évaluation du système marocain de recherche. Elle a contribué de façon décisive à sa réalisation (accompagnement des experts, histoire et description du dispositif de recherche, observation et analyse institutionnelle). Elle est l'auteur d'articles sur ces thèmes, et (avec S. Belcadi) d'une contribution importante à *l'Initiative Développement humain du cinquantenaire*. Elle poursuit actuellement sa carrière au Mexique, avec des travaux sur l'histoire de la Chimie. Mèl. : Mina. Kleiche@ird.fr

Roland Waast

Ingénieur de l'École polytechnique (France) et sociologue. Roland Waast est directeur de recherche émérite à l'Institut de recherche pour le développement (IRD, France). Il y a fondé l'équipe de recherche traitant de « Sciences, techniques et développement ». Il a aussi fondé sur le même thème le réseau international ALFONSO, et la revue *Science, Technology and Society*, qu'il codirige. Il a publié six ouvrages et de nombreux articles, en sociologie rurale, en économie de la santé, et depuis trente ans en sociologie des sciences. Il a notamment dirigé la série d'ouvrages « les Sciences hors d'Occident au xx^e siècle », et coédité, avec Jacques Gaillard et V.V. Krishna, le livre *Scientific Communities in the Developing World*. Concepteur du Projet d'Évaluation européenne du système de recherche au Maroc, il l'a dirigé et y a largement contribué en pratique. Mail : waast@bondy.ird.fr

Les autres Auteurs

Jacques Gaillard

Ingénieur agronome et docteur en Science, Technologie et Société (STS). Il est membre de l'UR Savoirs et Développement à l'IRD. Il a occupé des fonctions de haute responsabilité à la Fondation internationale pour la Science (IFS, Stockholm) et récemment à l'Agence internationale de l'énergie atomique (IAEA, Vienne). Spécialiste des politiques de science et plus particulièrement de la profession de chercheur et de l'émergence des communautés scientifiques nationales dans le monde en développement, il a écrit de très nombreux articles et

ouvrages. Il a participé à l'évaluation du système de recherche au Maroc en tant qu'expert du domaine agronomie et forêts et il a co-réalisé avec Anne-Marie Gaillard l'enquête questionnaire électronique qui a livré une connaissance inédite des laboratoires Marocains.

Anne Marie Gaillard

Docteur en anthropologie sociale. Spécialiste du retour des réfugiés dans leur pays d'origine, elle travaille depuis une dizaine d'années sur la mobilité des personnes hautement qualifiées et sur les migrations scientifiques internationales. Elle est l'auteur de nombreux articles et de plusieurs ouvrages. Elle a dirigé et co-réalisé avec Jacques Gaillard l'enquête questionnaire électronique, qui a livré une connaissance inédite des laboratoires Marocains.

Pier Luigi Rossi

Ingénieur à l'IRD. Géologue, informaticien et spécialiste de la documentation. P.L. Rossi a mis au point les approches méthodologiques concernant la bibliométrie, permettant d'analyser finement les points forts et la dynamique de la recherche marocaine. P.L. Rossi a récemment développé ces approches en les appliquant à l'ensemble des pays du sud de la Méditerranée (projet européen ESTIME). À l'IRD, il gère également les projets de numérisation de documents scientifiques sur grande échelle.

Ilham Laaziz el Malti

Ingénieur de l'École Mohammadia, docteur d'État en chimie, professeur. Elle était en 2003 chef de la division du développement technologique au ministère de l'Enseignement supérieur (2003). Elle est aujourd'hui directrice du Programme de généralisation des technologies de l'information et de la communication (GENIE), au ministère marocain de l'Éducation nationale.

Said Belcadi

Docteur en sciences physiques (université de Grenoble). Professeur (université Mohammed V, Rabat), directeur de l'École des Mines de Rabat (1990-1994), puis directeur de la Recherche et de la Coopération au ministère de l'Enseignement supérieur. Il est actuellement directeur du CNRST (Centre national de la recherche scientifique et technique).

Ahmed El Hattab

Professeur, actuellement directeur de la Science au ministère de l'Éducation nationale.

Les experts

MÉDECINE ET SANTÉ Dr Anne-Marie Moulin

Directeur de recherches au CNRS (France). Ancienne élève de l'École normale supérieure. Docteur d'État en philosophie. Diplômes de biochimie, parasitologie, immunologie. Docteur en médecine, interne des Hôpitaux. Professeur associé à l'université de Genève. A.-M. Moulin a dirigé un département à l'IRD. Elle est couramment appelée en expertise (Afrique, pays arabes), publie inten-

sément, reçoit de multiples invitations (Europe, États-Unis : Berlin, Boston, Harvard, MIT, John Hopkins).

MATHÉMATIQUES Claude Lobry

Docteur d'État. Professeur à l'université de Nice. En détachement à l'INRA, puis à l'INRIA. Recherches en dynamique et modélisation des systèmes naturels et artificiels. Nombreuses responsabilités universitaires (commissions ; comités d'experts), animation et gestion de la recherche. Professeur et conférencier invité à travers l'Europe. C. Lobry a dirigé le CIMPA, association sous label Unesco, dont la mission est d'aider les pays du Sud à développer la recherche en mathématiques. Il est l'auteur du livre : *La recherche mathématique en Afrique : une nécessité pour le développement.*

PHYSIQUE, ÉNERGIE Yves Farge

Conseiller en recherche-développement et technologie. Précédemment : directeur de recherches au CNRS. Spécialiste en optique, matériaux, rayonnement synchrotron. Inspireur et directeur de très grands équipements (LURE à Orsay ; ERSF de Grenoble). Créateur et directeur de la Mission S & T au ministère de la Recherche. Puis directeur de la Recherche et du Développement du groupe industriel Pechiney (1984-1998). Président de l'IRDAC¹) européen ; et de plusieurs conseils scientifiques (dont ceux en France de l'Ademe, du CSTB², de l'université et du Polytechnicum de Marne-la-Vallée). Docteur d'État en physique. Membre de l'Académie française de Technologie.

CHIMIE Guy Ourisson

Ancien élève de l'École normale supérieure ; Ph D (Harvard), docteur d'État. Président et cofondateur de l'université Louis-Pasteur de Strasbourg, directeur de son Institut de Chimie. Guy Ourisson entretient des relations étroites et régulières avec l'industrie. Il a été directeur de la recherche et des enseignements supérieurs en France ; rapporteur ou président d'importants comités européens ; chargé de nombreuses missions d'orientation, de conseil et d'évaluation scientifiques, pour l'Europe et ses États membres. Il porte un intérêt soutenu aux recherches dans les pays en développement. Savant renommé, il est actif dans les associations savantes internationales (IUPAC), et dans les grandes revues ; il est membre élu de plusieurs académies des sciences (y compris Inde et Chine), et de l'Académie française des sciences, dont il a été président.

GÉOSCIENCES Jacques Girardeau

Docteur d'État. Professeur. Président du conseil scientifique de l'université de Nantes. Directeur du laboratoire de planétologie et de géodynamique. Vice-président de la Société française de géologie. Auteur de très nombreux articles. Vaste expérience de terrain sur plusieurs continents (Afrique, Europe, Pays Arabes) ; campagnes océanographiques internationales.

1. Industrial R & D Advisory Committee to the European Commission.

2. Ademe : Agence pour l'Environnement et la Maîtrise de l'Énergie, CSTB : Centre technique du Bâtiment.

GÉOSCIENCES Michel Steinberg

Docteur d'état. Professeur émérite, co fondateur et ancien doyen de la faculté d'Orsay, puis vice-président de l'université Paris 11. M. Steinberg a été membre de commissions nationales d'évaluation (CNRS, universités), chargé de missions au ministère de la Recherche, président de la Société géologique de France. Il a réalisé d'importantes recherches personnelles, écrit des ouvrages d'enseignement, et formé de nombreux chercheurs, français ou étrangers (Machreq, Amérique latine).

SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION**Jean-Pierre Tubach**

Ingénieur de l'École des Mines (Paris) et docteur d'État. Chercheur au CNRS, puis chez IBM. Professeur à l'École nationale supérieure des télécommunications de Paris, dont il dirige la recherche. Large expérience de la recherche sur contrats (notamment européens) et de la recherche industrielle. Nombreuses responsabilités nationales et internationales (prospective, gestion de grands programmes et réseaux). Membre actif de la communauté de spécialistes européenne, qu'il a contribué à forger (associations, revues, comités techniques).

MÉCANIQUE ET GÉNIE MÉCANIQUE Calogero Conti

Ingénieur métallurgiste et docteur ès sciences appliquées. Professeur et chef du service de Mécanique rationnelle à la Faculté Polytechnique de Mons (Belgique). Ancien doyen et responsable Qualité de l'enseignement. Activité éditoriale. Représentant national dans plusieurs comités scientifiques européens (transports, génie mécanique). Publications, récompenses, partenariats industriels et brevets (mis en application). Membre de l'Académie royale de Belgique.

EAU Dieter Prinz

Ingénieur horticole et docteur (Ph D) en sciences agricoles. Full Professor, Univ. of Karlsruhe (Germany). Directeur (génie rural) à l'Institute of Water Resources Management. Membre actif ou dirigeant de sept sociétés savantes, éditeur de journaux scientifiques. Très nombreuses publications. Expert et consultant international (Unesco, CE, FAO, Banque mondiale, gouvernements). Vaste expérience sur tous les continents (Afrique orientale, Machreq, Amérique latine, Asie de l'Est et du Sud-Est).

SOLS Alain Ruellan

Professeur émérite. Ingénieur en agriculture. Docteur d'État. Ancien directeur général de l'Orstom, du CNEARC, du Programme Environnement du CNRS. Longue expérience de recherches au Maroc, puis au Sénégal et au Brésil. Quatre cents publications, notes et rapports. Ancien président de l'AISS puis de l'UISS (Association et Union internationales en sciences du sol). Expertise et missions dans 45 pays. Intérêt pour la didactique des sciences. Intense activité associative. Membre de l'Académie des sciences d'Outre-Mer. Nombreuses distinctions.

SCIENCES AGRICOLES Daniel Richard-Molard

Ingénieur agronome (INA Paris). Directeur de recherches et chef de département à l'INRA (transformation des produits végétaux). Directeur adjoint du

département de bio-ingénierie (ministère français de la Recherche : direction de la Technologie). Membre de conseils scientifiques et de sociétés savantes, en France et aux États-Unis. Cent cinquante publications et communications (microbiologie, fermentation ; qualité agro-industrielle).

SCIENCES AGRICOLES François Le Tacon

Ingénieur en agriculture et docteur d'État. Directeur de recherches à l'INRA (France). Deux cent cinquante publications et communications (foresterie, mycorhize ; environnement). Nombreuses directions de thèse. Responsabilités éditoriales. Membre de conseils scientifiques et comités de sélection (Fondation internationale pour la science, universités scandinaves). Responsable de contrats européens. Conseil et expertises internationales (notamment Europe, Chine, Mongolie).

SCIENCES AGRICOLES Trevor John Perfect

Ancien responsable à l'ODA³ (protection des cultures, puis recherche en sciences et techniques agricoles). À partir de 1996, responsable des contrats européens et professeur associé à l'université de Greenwich. Longue expérience de terrain au Nigeria et aux Philippines. Missions d'évaluation, de planification et de conseil en Europe, Afrique et dans le Golfe. Consultant international. Implication dans la conception des politiques. Compétence en matière de financement. Maîtrise du suivi et de l'évaluation. Membre ou président de comités d'experts européens. Cinquante ouvrages ou publications arbitrées.

SCIENCES AGRICOLES Jacques Gaillard

Voir la section « auteurs ».

SCIENCES DE LA MER Marcelo de Sousa Vasconcelos

Président de l'IPIMAR (*Instituto de Investigação das Pescas e do Mar*, Lisboa). Ancien secrétaire d'État pour la Pêche (ministère portugais de la Mer : 1995-1998). Diplômé des facultés de Lisbonne et de Lowestoft (UK). Créateur et directeur de laboratoires de recherche (biologie, océanographie, halieutique) en Angola, puis au Portugal. Vaste crédit scientifique et longue expérience politique et pratique. Délégué national du Portugal auprès de l'Unesco, de l'OCDE, de la FAO ; négociateur auprès de la Communauté européenne (Pêches) et des Nations unies (Environnement). Conseiller scientifique et consultant spécial de la Commission européenne. Représentant du Portugal en différentes conférences diplomatiques. Consultant international.

SUBSTANCES NATURELLES Thierry Sevenet

Directeur de recherches au CNRS. Docteur d'État. Publications importantes concernant la chimie des substances naturelles. Relations constantes avec l'industrie du domaine. Nombreuses responsabilités scientifiques. Encadrement de thèses. Intérêt soutenu pour les pays en développement. Conseiller de la Fondation internationale pour la science.

3. ODA = Overseas Development of Agriculture, agence britannique de la coopération agricole.

Préface

OMAR FASSI-FEHRI *

Fin juin 1999, en ma qualité de Secrétaire d'État chargé de la recherche scientifique je prenais contact à Bruxelles avec la DG XII, la direction en charge de la recherche scientifique au sein de l'UE. Considérant la richesse de nos échanges économiques et culturels, et l'héritage historique commun, nous nous sommes adressés à la Commission européenne pour l'inviter à réaliser une opération d'évaluation du système de la recherche scientifique marocaine dans les domaines des sciences exactes, science de la vie et sciences de l'ingénieur ; si pareille opération était d'abord à but scientifique, elle visait aussi à mieux connaître et faire connaître le potentiel scientifique national ; elle permettait par ailleurs de renforcer les relations Maroc-européennes, en particulier en ouvrant la voie à la signature en juillet 2003 d'un accord de coopération scientifique et technique entre le Royaume du Maroc et l'Union européenne.

La Commission européenne, pour répondre à notre demande concernant l'évaluation de notre système scientifique a fait appel à l'équipe « Sciences, Technique et Société » animée par M. Roland Waast, de l'IRD (Institut de recherche pour le développement) pour organiser et réaliser l'ensemble de l'opération.

Cet exercice difficile, nous l'avons voulu rigoureux et impartial. L'évaluation s'est effectuée en trois étapes : la réalisation d'un *état des lieux*, l'*évaluation in situ*, par une vingtaine d'experts européens, et la *restitution*, dans le cadre d'un Atelier national de grande ampleur, tenu les 26 et 27 mai 2003 à Rabat sous le Haut Patronage de Sa Majesté le Roi Mohammed VI. L'ouvrage ici présenté rend compte de tout ce travail.

L'opération, qui a duré un an et demi, s'est déroulée en 2002 et 2003. *Sa méthode fait aujourd'hui figure de modèle.*

Ilham Laaziz, qui y participa de près, décrit l'interaction constante entre l'autorité chargée de la recherche, les établissements et les évaluateurs. Ce processus a permis de préparer le terrain, de rendre à tous moments l'évaluation acceptable, et de faciliter le travail des experts. Cette forte interaction a aussi contribué au succès de l'*Atelier national* de la recherche marocaine, organisé en deux jours de débats auxquels ont participé près de trois cents chercheurs, et au cours desquels les diffé-

(*) Le professeur Omar Fassi-Fehri est secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des sciences et techniques. De 1998 à 2002, il est secrétaire d'État, chargé de la recherche scientifique ; de 2002 à 2004, il est ministre délégué, chargé de la recherche scientifique.

rents intéressés (tutelles, producteurs et utilisateurs) sont venus échanger avec les experts sur leurs rapports, disponibles en version intégrale.

Le cadrage de la recherche marocaine dans les domaines retenus a été réalisé par différents moyens. Mina Kleiche Dray (coordinatrice IRD au Maroc) en a fait l'historique (son étude démarre à partir du début du xx^e siècle), et caractérisé l'héritage. Elle a établi un précis de son organisation présente. P.L.Rossi et Roland Waast (chef de projet) ont cartographié finement la production, par ville et par institution, dans 100 domaines de science et d'ingénierie. Ils ont mesuré en ce qui concerne la production scientifique la bonne place du Maroc (alors troisième sur le continent Africain), mis les points forts en évidence, et pointé des faiblesses. Jacques et Anne-Marie Gaillard ont adressé un questionnaire à tous les collectifs de recherche : avec un bon taux de réponses, celui-ci renseigne utilement sur leur composition, leurs collaborations, les moyens à leur disposition et leurs difficultés. La méthode, et les résultats précis (précédemment peu connus) restent d'actualité.

La partie suivante de l'ouvrage est peut être la plus suggestive. Elle résume les rapports des experts. Ceux-ci (une vingtaine en tout, européens) avaient été choisis pour leur compétence (académique et appliquée), leur expérience (gestion, animation, évaluation), leur notoriété internationale et le fait qu'ils n'étaient en rien partie prenante de coopérations en cours avec le Maroc. Après avoir visité sur place un nombre important de laboratoires, chacun, dans son domaine, a caractérisé leurs atouts et leurs handicaps ; mais aussi les aspirations, les interrogations et les projets des chercheurs, rencontrés lors des réunions organisées sur site.

L'un des apports les plus importants est l'analyse de l'intérêt des sujets traités, de leur pertinence (scientifique et socio-économique) au regard de l'état des sciences et des enjeux technologiques actuels et prochains dans le monde. Il s'agit de diagnostics et de recommandations par disciplines, suggérant les bonnes raisons de faire de la recherche au Maroc, et les niches anticipatrices qui peuvent y être développées en Mathématiques, Physique, Chimie, Géosciences, Agriculture, Médecine et santé, Sciences de la mer, Substances naturelles, Eaux et sols, Génie mécanique, Énergie, et STIC.

L'ouvrage se termine par la synthèse de l'évaluation ; et par l'analyse *a posteriori* de cette opération par des responsables actuellement en charge (A. El Hattab et S. Belcadi) : ils exposent les leçons tirées par le ministère, et les suites qui y ont été données.

Ce livre vient à point au Maroc. On s'y pose plus que jamais la question de la place et de l'utilité de la science. De réels efforts de financement et d'équipement ont été récemment réalisés. Mais il ne s'agit pas seulement de moyens à mobiliser. Il s'agit aussi de structuration, de lien à la société, de motivation et de ressources humaines ; et finalement, d'imagination, dans le choix de niches pertinentes et anticipatrices. C'est une préoccupation constante de l'Académie Hassan II des Sciences et des Techniques, dont l'une des missions est de contribuer à la définition des orientations générales fondamentales du développement scientifique et technique du pays.

PREMIÈRE PARTIE

La démarche
de l'évaluation

CHAPITRE 1

La Méthode

ROLAND WAAST

L'évaluation d'un « système » national de recherche est une opération audacieuse et rare. Elle ne se pratique qu'exceptionnellement (au mieux tous les 10 ou 15 ans). Elle se prête à la relance d'une politique scientifique. Mais elle comporte des risques d'échec. Elle peut tourner à l'établissement d'un cahier de doléances stérile, ou ne susciter que désintérêt. Elle peut à l'inverse donner crédit à la recherche, et favoriser l'accord sur des choix stratégiques.

Pour décider pareille opération, il faut un contexte particulier et la ferme *volonté* des autorités. En 1998, un Secrétariat d'État à la recherche était créé pour la première fois au Maroc. C'est lui qui a *voulu* une évaluation du potentiel du pays¹ ; et souhaité un audit totalement *externe*². La Commission européenne (DG Recherche), en préalable à la signature d'accords bilatéraux de coopération scientifique, décida de soutenir l'opération. Un organisateur qualifié fut choisi, externe lui aussi³.

Responsable du projet, j'expose ici la méthode suivie.

1. Les objectifs

Il faut d'abord préciser ce que *n'est pas* l'évaluation du « système » de recherche. Ce n'est pas l'évaluation des chercheurs individuels ; ni celle des laboratoires ou des établissements. Cette tâche, régulière, doit revenir à des institutions *ad hoc* : Commissions de pairs et Conseils nationaux.

C'est par contre un effort pour mesurer le potentiel scientifique, pour le qualifier par lieux et par disciplines, et pour identifier les handicaps qui l'empêchent de produire de son mieux.

Ces handicaps peuvent être de tous ordres. Ils peuvent relever du statut professionnel des chercheurs, de leur formation, de leur style de science, de leur isolement (des fronts scientifiques pionniers ou des demandes de la société). Ils peuvent tenir à l'insuffisance ou à l'inadéquation organisation des moyens (équipement, accès à la littérature, gestion des crédits). Ils peuvent

1. Hors sciences humaines et sociales. C'est tout le champ des sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur qui a été couvert (voir 3^e partie : diagnostics d'experts).

2. Opération analogue à celle naguère engagée par le Portugal, qui avait servi la cause et la gestion de la recherche en ce pays lors de son entrée dans l'Union.

3. Groupe de recherche *Science Technologie Développement*, IRD, Paris.

ressortir de problèmes plus profonds (place et perception de la recherche dans la société). L'évaluation peut ainsi conduire à mettre en question aussi bien le monde de la recherche (les postures épistémologiques, le management, les visions contradictoires de la mission) que son extérieur (incommunicabilité entre « mondes » aux logiques opposées).

L'objectif n'est pas de dénoncer des « manques », mais de donner publicité à la recherche ; d'éveiller un mouvement d'intérêt, partagé par un grand nombre d'acteurs différents ; de susciter l'auto analyse, la réflexion sur de bonnes raisons de développer l'activité scientifique ; de conduire à s'entendre sur un diagnostic, des perspectives, peut être un plan d'action.

Dans le meilleur cas, on pourra dire qu'il s'agit d'une « intervention sociologique », sur le milieu de la recherche et alentour. La visée est de conduire les acteurs à sortir de leurs retranchements, à établir entre eux une relation plus confiante, à remettre à vif les impératifs de pertinence et de performance, trop souvent enfouis dans des discours convenus et auto justificatifs.

Bien entendu, cet objectif ambitieux ne sera pas toujours atteint. Du moins devrait on disposer en fin d'exercice de documents crédibles, robustes, instruments d'une bonne connaissance de soi et susceptibles de servir de support à la discussion large entre partenaires de bonne foi.

2. La méthode

Il n'est pas de recette pour réussir une telle opération. L'évaluation du système de recherche s'effectue « *sur mesure* ».

Elle veut établir un état des lieux dont la topographie ne soit pas plate, mais fasse ressortir les reliefs, et les forces qui les modèlent.

Elle suppose une authentique sensibilité aux intérêts, aux valeurs et aux raisons contradictoires qui animent les acteurs.

Elle cherche à apprécier les résultats, mais aussi à saisir leurs conditions de production. Elle doit faire intervenir, *sur le terrain même*, des scientifiques confirmés.

Quelques principes de méthode sont règles d'or :

- l'évaluation doit établir une *distance*...
- ... et en même temps une *confiance* avec toutes les parties impliquées ;
- l'évaluation vaut par le *face à face in situ*, entre évalués et évaluateurs ;
- l'évaluation est le fait de professionnels, qui doivent faire respecter leur *technicité*.

Insistons sur ces quelques points.

2.1. La distance

Pour être crédible, l'évaluation doit être visiblement *indépendante* des commanditaires comme des évalués.

Au cas présent, le ministère marocain de la Recherche avait fait un pari audacieux, en choisissant de ne demander rapport qu'à des experts étrangers. D'une

part parce que le choix des intervenants lui échappait (il le validait ; mais il a été fait par l'opérateur ; le Maroc a par contre désigné ses propres experts, chargés d'accompagner les missions de terrain). D'autre part parce que la communauté scientifique marocaine est étoffée, et qu'elle comporte des figures éminentes, à qui la tâche aurait pu être confiée. Le choix d'étrangers pouvait choquer, même s'il permettait de contourner toutes rivalités internes. Ce choix (ce risque) a été vigoureusement justifié par le ministre, lors de l'Atelier national de la recherche qui a conclu l'opération. Il s'agissait de donner lisibilité et visibilité internationale à la recherche marocaine, et de la labelliser – comme seules des instances extérieures peuvent le faire.

Rien évidemment n'aurait pu se réaliser au Maroc, sans le soutien et la volonté des autorités du pays. Il était donc indispensable pour l'opérateur d'être à l'écoute très proche de leurs opinions, de leurs raisons, de leurs intentions. Toutefois, l'équipe des opérateurs a su défendre sa technique et son champ d'action. Ce fut l'objet de discussions, et de négociations au besoin. Mais il importait qu'il soit pour tous évident que cette équipe intervenait de façon neutre, en mission d'information et non comme le bras armé d'une quelconque tutelle. Dans le cadre d'un comité de pilotage actif, et face à un ministre lui-même attentif, chaque étape a donné lieu à un franc débat (le choix des experts, celui des sites à visiter⁴, l'ampleur de la restitution...). Le déroulement des opérations a fait l'objet d'un suivi pas à pas. Mais sous condition que l'information soit faite et l'action débattue au préalable, l'investigation a pu « s'auto saisir » de tous les lieux qui semblaient techniquement indiqués (y compris établissements privés), et nulle censure ne lui a été opposée.

Au contraire, le ministère de la Recherche a fait avaliser l'opération par le Conseil interministériel de la recherche, dont il assure le secrétariat permanent : ce qui ouvrait les portes de tous les établissements publics quelle qu'en soit la tutelle. Il s'est activement chargé de l'information officielle couvrant chaque action décidée. Avec courage et sérénité, il a lui-même défendu « l'indépendance des experts », lors des controverses, rares mais inévitables, remontées du terrain où les questions et la parole des évaluateurs ne confortaient pas toujours les dogmes et les hiérarchies. Bref, à condition de discussions approfondies, notre équipe a disposé de la plus grande liberté d'agir, et pouvait exciper de son indépendance.

Symétriquement, la distance était à maintenir avec les « enquêtés ». Elle l'était d'abord par construction. De parti pris, l'évaluation a été partiellement réalisée par des moyens indirects : enquête historique, questionnaire aux laboratoires, bibliométrie. Mais le cœur de l'opération consistait dans la visite de sites par un panel d'experts étrangers (une vingtaine, européens) qui, pour être haute-

4 Point sensible sur le terrain : pourquoi suis-je évalué, et pas d'autres ? Il fallait justifier de critères « objectifs », et la bibliométrie y a bien servi. Sur ces négociations, voir chapitre sur « Le rôle du ministère ».

ment compétents, avaient aussi été choisis pour n'avoir aucun intérêt dans une quelconque action de recherche locale (fût ce par le biais de coopérations).

Ces experts se sont évidemment confrontés face à face avec les chercheurs de base. Ils ont été tantôt pris à partie sur leur raison d'être, et tantôt sommés de transmettre des doléances. Ils ont été sollicités de fraterniser avec les équipes rencontrées, ou/et de leur prodiguer leurs conseils. Ils ont fait l'objet (rarement) d'un boycott, et plus souvent de stratégies de séduction. Je crois (et c'est l'effet de leur choix, longuement mûri) qu'ils ont su faire preuve de sang froid et de discernement : montrant qu'ils n'étaient dupes de rien, mais sans arrogance ; se passionnant pour les sujets traités, les questions d'organisation, les prospectives esquissées, mais se refusant à jouer les maîtres à penser ; émettant au besoin critiques ou réserves face à face, mais sans dénoncer quiconque en leurs rapports, ni rien écrire qui n'ait été publiquement dit. La distance ainsi établie a été sensible sur place, évacuant la démagogie et renforçant la crédibilité des visiteurs.

J'ajoute, pour mémoire, que l'opérateur n'a pas montré moins d'indépendance vis-à-vis de la Commission européenne. Une fois le contrat signé, précisant le plan de travail, il a rendu compte tous les trimestres de l'avancement des opérations. Mais il n'a reçu aucune pression pour adopter une procédure plus qu'une autre, pour choisir un expert, pour euphémiser les résultats.

2.2. La confiance

Si l'évaluateur doit éviter le piège d'être trop proche des parties prenantes (on le soupçonnerait de plaidoyers *pro domo*), l'établissement d'une authentique confiance n'est pas moins nécessaire. Cette confiance est à mériter, auprès de tous les acteurs.

En premier lieu, l'opérateur doit faire preuve d'entière *loyauté* aux commanditaires. Cela suppose que toute procédure soit négociée en détail ; et qu'une fois arrêtée, elle ne soit ni contournée ni remise en cause. Cela suppose aussi que les experts et l'opérateur ne cherchent à tirer aucun parti de leur action – personnel ni institutionnel⁵. Cela suppose enfin de respecter la confidentialité des résultats, aussi longtemps qu'ils ne sont pas avalisés et publiés. La conduite de l'opérateur est jugée par les responsables ; et ce n'est que peu à peu qu'une confiance réciproque vient à s'établir, et qu'une *coopération* s'instaure.

Au Maroc (mais le cas n'est pas rare), la tâche se compliquait parce que les établissements à visiter avaient des tutelles diverses (ils pouvaient même appartenir à des entreprises⁶). Il a donc fallu nouer les relations avec des autorités diverses. Le ministère de la Recherche y a puissamment aidé ; l'entregent de l'opérateur s'est aussi montré fort efficace. Ici encore, la clarté était de mise.

5. D'où l'importance de choisir des experts sans attaches particulières au Maroc. En outre, par déontologie, l'opérateur n'a voulu d'aucun expert de son propre Institut, l'IRD. Les compétences n'y manquent pourtant pas.

Les experts eux-mêmes ont visité les autorités concernées, et si possible leur ont fait en fin de parcours un résumé de leurs observations. Le bénéfice de cette pratique est apparu pour finir : l'Atelier de restitution finale a suscité des participations très diverses, et connu un retentissement important.

Il ne suffit pas d'obtenir la confiance des plus hautes autorités. L'accès véritable au terrain nécessite aussi qu'une collaboration se construise avec les établissements visités. Il s'agit non seulement qu'ils soient parfaitement informés, assez tôt, de l'opération ; mais que celle-ci leur laisse des marges de manœuvre, et des initiatives. Au cas présent, les programmes de visite d'expert avaient défini des points de passage obligés (établissements comportant des laboratoires connus pour leur productivité, ou jouant un rôle avéré dans la R & D). Il revenait pourtant à leurs instances directrices de fixer le programme détaillé, d'ajouter à ce programme des laboratoires de leur choix, de faire la part des discussions avec les responsables ou autour des « paillasses ».

Les chercheurs eux-mêmes étaient libres de participer ou non aux réunions avec les experts, organisées in situ. Une restitution à chaud était toujours prévue avant départ, surtout si les responsables de l'établissement avaient préféré s'absenter des visites de laboratoire, pour leur laisser toute liberté de ton.

Il revient sur place aux experts de montrer leur intérêt pour l'activité des « enquêtés », pour leur vocation, leurs valeurs, leurs projets. L'authenticité de cet intérêt est aisément perceptible. Il leur faut aussi montrer qu'ils ont à cœur l'amélioration du *système*. La tournure prise par les échanges, passionnés et constructifs à ce sujet en nombre de laboratoires, le débat poussé jusqu'à la discussion des thèmes de recherche ont fait sentir l'engagement désintéressé des évaluateurs.

Pour se créer, la confiance demande temps et constance. C'est pourquoi la *durée* de l'évaluation a été un atout (9 mois). Le degré de confiance construit a transparu dans « l'Atelier national » de restitution, où responsables et chercheurs invités sont intervenus sans détours. Cette confiance doit beaucoup au comportement des experts : elle reflète la reconnaissance de leurs compétences (qui doit être incontestable), et celle de leurs qualités humaines.

2.3. Les vertus du face à face

L'évaluation d'un système échoue si elle apparaît comme jugement. Aussi sa procédure ne doit-elle en aucun cas rappeler celle routinière des évaluations de chercheurs ou de laboratoires ; ni se confier à de mêmes instances. Elle ne peut pas s'effectuer simplement « sur dossiers ». Elle doit se confronter aux situations concrètes, aux personnes de chair et d'os. Il lui faut pénétrer le sens donné à

6. Leur visite n'était pas prévue au départ. Mais la question des applications de la recherche, et des réalisations de R & D était trop importante pour qu'on ne s'y attache pas. La bonne entente (ministère et opérateur) construite avec l'originale Association « R & D Maroc », fondée par d'importants industriels, a permis d'ouvrir les portes.

l'activité, les intérêts (« purs » ou « impurs ») qui y sont investis. Les conditions d'exercice de la pensée en fixent limites et pouvoirs : il faut les éprouver.

C'est pourquoi *les visites sur site sont indispensables* ; et les rencontres face à face, irremplaçables. Les experts doivent à cette occasion savoir s'étonner, et faire montre d'un regard rapide et sûr. Sans cette connaissance de terrain (celle des conditions de production, et des dispositions des acteurs) il n'est pas de compréhension du « système », de son fonctionnement et de ses possibles évolutions.

2.4. La technicité

Les parties prenantes ont toutes leur expérience du système de recherche, de ses points forts, de ses dysfonctionnements. Chacun s'imagine expert en la matière, et se fait fort d'enquêter sur le sujet. Mais il faut éviter le piège de l'amateurisme.

En fait, l'évaluation des projets, des programmes, et plus encore des systèmes est maintenant confiée parfois totalement à des spécialistes. C'est le cas en particulier en pays anglo saxons, où une véritable profession est en voie d'être « charterisée » (agréée pour certifier la « qualité »). La pratique de la Commission européenne est de plus en plus de combiner panels d'experts et cabinets de spécialistes.

Des outils précis se sont développés. Les praticiens de l'évaluation forment une petite communauté qui se rencontre, confronte les instruments, perfectionne leur technique, définit leur validité et leurs limites d'application. L'art est ensuite de combiner ces outils de manière adaptée à une situation. Encore faut-il les maîtriser.

Les connaisseurs des sciences humaines et sociales savent que la technique de l'interview, ou celle du questionnaire font l'objet d'une littérature méthodologique importante, et sans cesse remaniée. Les statisticiens savent que l'échantillonnage ne s'improvise pas, mais repose sur des théories et des pratiques très codifiées. La « scientométrie » (dont la bibliométrie fait partie) est devenue une véritable discipline, avec ses théories, ses congrès, ses revues.

Il revient à l'opérateur de maîtriser ces outils, et de faire valoir les règles de la méthode garantissant leur bon emploi. Il lui faut aussi faire preuve d'imagination, pour les choisir opportunément, et les adapter à la situation. Dans les paragraphes suivants, nous exposerons les outils adoptés, et la procédure d'ensemble.

3. La procédure suivie

L'évaluation s'est effectuée en *trois étapes* :

- La construction d'un *état des lieux* ;
- L'*évaluation in situ*, par une vingtaine d'experts européens ;
- Et la *restitution*, dans un Atelier national de grande ampleur.

L'ensemble du processus s'est étendu sur 18 mois.

Le champ de l'évaluation incluait toutes les disciplines, *hors sciences humaines et sociales*.

3.1. La construction de l'état des lieux a reposé sur 3 outils

1. Un *descriptif* du dispositif existant, doublé d'une *histoire* des institutions. Ce document aide l'opérateur à choisir sa combinaison d'outils, et à les adapter au terrain. Il a servi de source d'information préalable aux experts, qui l'ont hautement apprécié : ainsi ne portaient-ils pas naïfs dans l'inconnu⁷. C'est le cadrage historique, il faut le souligner, qui donne à ce texte son caractère compréhensif. Il fait parler les organigrammes actuels (qui sinon resteraient obscurs), et consigne les logiques divergentes, qu'on trouve encore à l'œuvre chez les acteurs (par exemple : universités versus instituts nationaux, docteurs versus ingénieurs, etc.).

2. Une *analyse bibliométrique* de la production scientifique marocaine, publiée dans les 6 000 principales revues mondiales au cours des 10 dernières années. Cette analyse a fourni une vue d'ensemble des capacités installées, et leur détail par lieu et par sous domaine. Elle a permis d'en suivre l'évolution dans le temps, et de les comparer avec celles d'autres pays (notamment sur le continent Africain).

3. Un *questionnaire*, adressé par mail à environ trois quarts des laboratoires marocains. Grâce à un remarquable taux de réponses, les résultats permettent d'approcher, dans leur diversité, la composition, le financement, l'équipement, les collaborations, et la production des unités de base ; ainsi que leur perception des difficultés et des contraintes à lever.

3.2. L'évaluation proprement dite

L'évaluation proprement dite a été réalisée par une vingtaine de *scientifiques* européens, choisis pour leur compétence, leur expérience, et le fait qu'ils n'étaient en rien partie prenante de coopérations en cours avec le Maroc. Chacun de ces experts a remis et défendu publiquement un rapport d'évaluation (une synthèse a été réalisée par grand domaine, lorsque plusieurs experts en étaient chargés).

3.3. La restitution est une phase essentielle du processus

Nous ne la considérons pas simplement comme une « bonne pratique ». C'est bien plus une évaluation de l'évaluation : le révélateur du degré d'intéresse-

7. Bien entendu, les experts ont soigneusement préparé leur mission. Ils ont usé de leurs réseaux, et des multiples sources d'information de la communauté scientifique internationale, pour se faire idée de la situation et préparer une « grille » d'interrogations. Mais sans certitudes ni préjugés excessifs.

ment suscité par la longue intervention dans et autour de la recherche ; et la mise à l'épreuve de la perspicacité des diagnostics. C'est un point d'orgue : non pas un point final, mais le possible départ de nouvelles idées et d'un nouvel élan.

L'intérêt de cette confrontation, entre des experts indépendants et les nombreux acteurs qui constituent le champ scientifique, est d'offrir à chacun un miroir où il peut se voir tel que l'extérieur le perçoit. Dans le cas du Maroc la portée de l'exercice, et son retentissement, ont reposé sur l'ampleur de la manifestation, et sur le caractère libre et franc du débat qui s'y est ouvert. Un autre chapitre traite plus loin de l'organisation, des conclusions et de la dimension (inhabituelle) de cette restitution ⁸.

4. État des lieux : les outils

Je reviens plus en détail sur la construction des résultats mis à disposition. J'ai déjà dit qu'aucun instrument n'est suffisant à soi seul.

J'examine l'apport particulier de chacun de ceux utilisés.

4.1. Le descriptif des institutions et le cadrage historique

Ce document a le premier été réalisé. C'est un recueil de faits, qui s'étend du répertoire (organisé) des établissements de recherche aux effectifs, aux statuts, aux budgets, aux produits, aux initiatives gouvernementales et aux politiques nationales affichées, dans les domaines d'application de la recherche. La valeur ajoutée tient, nous l'avons dit, à l'étude historique qui éclaire ces données : elle balise le parcours qui conduit à la situation présente, et qui la modèle en partie.

Une bibliographie abondante, un répertoire des sources, de nombreux tableaux et annexes font de ce document une référence. C'est le produit d'un beau travail de recherche, entamé de longue date par Mina Kleiche Dray ⁹.

4.2. Le cadrage « bibliométrique »

Cet outil présente de nombreux avantages. Il donne une vue d'ensemble du champ scientifique. Il se prête aux comparaisons internationales. Il est centré sur les outputs (la production scientifique), et non sur les inputs (budgets, équipements, personnel... qui ne disent rien de la productivité et de l'efficacité).

8. Voir chapitre « Le rôle du ministère » (qui a conçu, organisé et pris en charge l'événement), par Ilham Laaziz.

9. La présentation et l'interprétation de ce riche matériau a fait l'objet de plusieurs publications, dont M. Kleiche, 2003, From Generation to Cultivation by the State : Progress of Moroccan Scientific Research, in *Science, Technology and Society*, 8 (2), 283-316, et M. Kleiche (2002), *La recherche scientifique au Maroc*, in *L'état des sciences en Afrique*, Paris : IRD (accès libre en plein texte sur : www/ird/fr/fr/science/dss/sciences_afrique).

De quoi s'agit il ? Le principe est simple. Il existe quelques grandes bases bibliographiques internationales, destinées à informer les chercheurs sur ce qui leur importe et qui vient de paraître. Ces bases dépouillent en temps réel plusieurs milliers de revues (6 à 8 000, les « meilleures du monde ») en consignant pour chaque article publié ses auteurs, leur adresse institutionnelle, les date, lieu, langue de publication, le titre, les mots clé, un résumé, parfois le sous-domaine scientifique très précis dont il relève, parfois les références qu'il cite.

Nous avons choisi deux des bases généralistes majeures (toutes disciplines, hors sciences humaines et sociales) : le SCI américain, et la base Pascal européenne. Au lieu de les utiliser de façon prospective (quoi de neuf?) nous les avons employées de façon rétrospective. Nous avons enregistré la totalité des notices rendant compte des articles publiés en 10 ans, par les auteurs qui déclarent une affiliation institutionnelle au Maroc. En créant des algorithmes appropriés¹⁰ (travail important, mais disponible pour longtemps, sans grands réaménagements, et qui peut être transféré à un observatoire marocain), il est alors possible de *construire* le panorama de la production nationale influente, de ses principaux sites (par ville, par institution, par laboratoire), de son évolution dans chaque spécialité (100 sous domaines distingués), de ses grands auteurs, de ses coopérations, de ses stratégies de publication...

Les données bibliométriques ont rendu de nombreux services. Elles ont notamment permis :

- d'apprécier le volume de chercheurs « *actifs* » (de l'ordre de 4 000, bien en deçà du « potentiel théorique » : environ 16 000, si l'on compte tous les « enseignants chercheurs » ; il reste donc une marge de progression pour la recherche marocaine) ;
- d'évaluer le nombre des équipes ou laboratoires qui signent des articles (environ 800) ; et surtout de les *identifier* (ces entités n'ayant pas d'existence officielle) ;
- en l'absence d'autres données sur la productivité des laboratoires, elles ont aussi permis de *choisir les sites* à faire visiter aux experts (par principe : ceux où les publications sont les plus régulières et nombreuses) ;
- enfin de produire une première analyse du système, dont l'essentiel est publié ci-après.

10. Il s'agissait de mettre au point une « microbibliométrie » utile au Maroc (en place des macro-indicateurs, servant à comparer entre elles des puissances scientifiques). Il a fallu trouver des stratégies pour identifier et coder les villes, les institutions et les laboratoires marocains ; et pour agréger les sujets ultra fins distingués par la classification scientifique, afin de construire des sous domaines où le pays apporte effectivement contribution. Les décomptes ont été réalisés par périodes de 5 ans, permettant d'obtenir des scores significatifs.

L'usage de la bibliométrie a beaucoup impressionné au Maroc. On doit certes en discuter la portée (*infra*). Mais avec ses limites, elle apporte aux responsables de politiques scientifiques des données pertinentes et une aide appréciable :

- elle offre une vue d'ensemble ;
- elle fait ressortir les traits marquants (c'est un paysage « en relief ») ;
- elle permet d'identifier points forts et compétences rares ;
- elle permet des comparaisons dans le temps ;
- elle permet des comparaisons avec d'autres pays ;
- elle permet de construire des indicateurs.

Avec de légers ajustements de codage, l'outil se remet à jour chaque année (réactualisation de la base bibliographique, sur abonnement).

C'est un bon instrument pour tenir un *tableau de bord*.

4.3. Le questionnaire

Le *questionnaire* adressé par mail aux laboratoires avait pour objectif de « cadrer » un certain nombre d'observations des experts, au cas où l'échantillon des laboratoires visités par leurs soins serait trop petit. Il a permis en fait de confronter les deux sources de renseignement, et d'apporter d'intéressantes précisions, notamment sur les ressources mises en œuvre.

Soigneusement élaboré, par une équipe très expérimentée, le questionnaire devait être adressé à un tiers des laboratoires marocains. Par un effort de gestion supplémentaire, il a décidé de viser leur ensemble (environ 800 unités).

Mais ce qui paraissait simple s'est avéré difficile : trouver les adresses des laboratoires (e-mail compris). Il n'existait alors en effet aucun répertoire à jour des équipes de recherche ; les plaquettes institutionnelles ne les mentionnaient guère ; et les pages internet, quand elles existaient, n'y renvoyaient pas. Ceci est significatif : les laboratoires n'avaient pas encore d'existence officielle, pas de budget régulier ; partant ils n'étaient tenus à aucun compte rendu, aucune évaluation, et restaient sans visibilité pour des partenaires, y compris marocains.

Conscient de la difficulté, le ministère a lancé un appel aux présidents d'université, et aux directeurs des principales écoles ou instituts de recherche. Grâce à cette intervention, réitérée, des listes ont pu être établies. Les informations ont été croisées avec les données bibliométriques, les mini rapports de laboratoire remis aux experts lors de leurs visites, et les compléments de renseignement demandés à des connaissances de terrain (lorsque certaines adresses, mail en particulier, se révélaient inappropriées). Pour finir, après quatre relances, le questionnaire a donné lieu à 500 réponses exploitables (ce qui est un excellent score, car il nécessitait près d'une heure pour être soigneusement rempli). Et les informations recueillies ont nourri une base d'adresses maintenant à disposition, qu'il vaudrait de perfectionner et de tenir à jour.

Cette persévérance a eu sa récompense. Les résultats obtenus ont le mérite d'être établis sur un vaste échantillon d'unités de recherche. Ils fixent des ordres de grandeur fiables. Et ils ont l'intérêt d'être parfois inattendus¹¹.

Ils portent en particulier sur :

- la taille des laboratoires (y compris doctorants);
- les budgets (fournis par les établissements ou tirés de contrats);
- les collaborations extérieures (internationales; nationales, y compris avec le secteur privé);
- l'équipement, la maintenance, la documentation;
- la valorisation des résultats.

5. Les expertises

L'évaluation proprement dite est revenue à une vingtaine *d'experts* européens, assistés d'autant d'experts marocains. Les experts européens couvraient à eux tous l'ensemble des disciplines. Il était demandé à chacun de visiter un choix de laboratoires, et de faire rapport sur ses observations : état des laboratoires, intérêt des sujets abordés, structuration... ; mais aussi aspirations, interrogations et projets des chercheurs, rencontrés lors des réunions organisées **sur site**.

La réussite d'une action de ce genre repose sur la *qualité des experts*. Leur choix a été minutieux. Il fallait qu'ils fussent de haut niveau académique. On a souhaité qu'ils aient aussi l'expérience de l'organisation et de l'évaluation scientifiques. Par principe, nous n'avons pas recouru à des familiers du Maroc : tous ne venaient pas pour la première fois dans un pays de la Méditerranée; mais aucun n'avait ici d'intérêt ni de projet proche.

Le nombre d'experts étant limité, et le champ à couvrir celui total des sciences, il nous fallait viser des évaluateurs aux vastes compétences. Or, plus les scientifiques sont savants, plus ils sont pointus. Il faut véritablement atteindre au « plus haut niveau » pour trouver des experts à la fois incontournables, et capables de couvrir un champ large. Autre difficulté : rares sont les chercheurs à *la fois de grande notoriété académique, et versés dans l'application*. Pour identifier des profils aussi rares, il a fallu l'intercession d'académies des sciences (française en particulier), et le recours à des réseaux communautaires. Il s'est ensuite agi de convaincre ces personnes, fort chargées, de prendre part à l'opération.

Autre condition de réussite : *le choix des sites* à visiter. Lorsqu'on dispose d'experts au temps limité, mieux vaut les conduire là où il y a le plus à voir. Grâce à la bibliométrie, nous avons identifié les laboratoires les plus productifs, dans chaque sous domaine à inventorier (subdivision en 100 champs scien-

11. Voir ultérieurement dans la deuxième partie, le chapitre d'A.-M & J. Gaillard sur l'enquête électronique auprès des laboratoires.

tifiques). Et nous avons bâti les itinéraires en fonction de cette donnée. Nous avons ajouté au besoin la visite de grandes institutions de recherche appliquée (cette dernière étant sous estimée par les bases bibliographiques classiques); et nous avons ménagé des rencontres à niveau ministériel, régional et dans le secteur privé, avec les responsables techniques, utilisateurs ou opérateurs de R & D et clients potentiels.

Point majeur : le projet d'évaluation a été bien à l'avance annoncé, décrit, présenté, débattu avec les responsables des établissements concernés et leurs différentes tutelles. Le programme des visites, les CV d'experts ont été adressés en temps utile aux centres et facultés choisis, avec licence pour chacun de mobiliser s'il le souhaitait des laboratoires supplémentaires et liberté pour chaque unité retenue d'être visitée ou non. Cette minutieuse préparation, remarquablement diligentée par le ministère de la Recherche, a permis que les experts puissent *accéder à tous sites* d'intérêt. Sur place, l'accueil réservé par les établissements a toujours été zélé, et celui des chercheurs actifs chaleureux. Les discussions ont été d'une grande franchise, et les visites animées.

Un expert marocain du domaine, choisi par le ministère parmi les plus notoires, accompagnait chaque expert européen¹². Un membre de l'équipe IRD s'est toujours joint au groupe, pour expliciter l'architecture de l'opération et s'intéresser aux aspects institutionnels de la recherche.

L'intervention amicale de « l'Association R & D Maroc », créée par de grands industriels du pays pour promouvoir la recherche et l'innovation, a permis en outre d'ajouter au programme la visite des principaux centres privés de R & D du pays; et d'aménager des échanges de vue entre experts et responsables de la profession : besoins et usages de la recherche, pertinence des travaux locaux, communication entre milieux industriels et universitaires.

J'étais moi-même d'abord un peu sceptique, sur les résultats à attendre de ces visites de sites. Or la méthode s'est révélée *parfaitement adaptée à la taille* de la communauté scientifique marocaine. La vingtaine d'experts mobilisés a parcouru quelque 50 000 km, visité 13 des 14 universités, l'essentiel des Instituts de recherche et des écoles d'ingénieurs, et plusieurs des sociétés (semi-publiques ou privées) réalisant de la R & D. Sur les quelque 800 « laboratoires » identifiés dans le pays, 400 ont été visités. Ils ont construit pour les experts un descriptif inédit de leurs activités. Environ 1 500 chercheurs ont assisté aux réunions organisées sur site, soit, peut on penser, un tiers à moitié des nationaux actuellement actifs en recherche.

Une telle investigation ne relève pas du simple échantillonnage. Les distances à parcourir n'ont certes pas permis que soient visités tous les bons laboratoires

12. S'agissant d'une évaluation *externe*, il est évident qu'il n'avait pas à intervenir in situ, ni à participer à la rédaction des rapports : ceux ci ont été entièrement et librement rédigés par les seuls experts européens.

du pays. En chaque lieu, un certain nombre seulement des unités visitées l'ont été de façon très approfondie. Néanmoins, l'information collectée constitue un corpus. La compétence des experts choisis leur a permis de saisir très rapidement en chaque lieu la portée pratique et le positionnement scientifique des sujets traités – mondial ou « provincial » ; elle leur a permis d'évaluer les limites imposées à l'activité par le niveau de l'équipement, ou de la documentation. Leurs qualités humaines ont aussi fait que partout se sont amorcées des confessions, et des réflexions animées sur l'état du milieu et les projets envisageables. L'opération a été ressentie comme un signe de considération de la part du gouvernement, et comme une marque de véritable intérêt de la part du ministère.

6. L'atelier national de la recherche

Les experts ont ensuite mûrement rédigé des rapports, défendus et présentés lors de l'Atelier national.

C'est le ministère de la Recherche qui a voulu un Atelier de restitution de grande ampleur (400 participants, représentant toutes les sortes d'intéressés). C'est lui qui a souhaité qu'y soient traitées, librement, toutes les questions ressenties comme sensibles.

Un chapitre y est consacré plus loin. Je n'entre pas ici dans le détail de son organisation (minutieuse et complexe)¹³. Je me contente de quelques commentaires sur cette opération cruciale, qui élargit et teste l'appropriation de l'évaluation par les parties intéressées.

6.1. La décision

Le contrat initial de l'évaluation stipulait qu'un atelier de restitution serait finalement organisé ; mais sans en préciser la nature et l'ampleur. C'est le ministre marocain de la Recherche qui a opté pour une manifestation importante, sur proposition de l'opérateur et malgré les réserves de la Commission européenne.

Les fonctionnaires en charge de la Commission craignaient d'abord que les délais courts d'organisation (trois mois) et la tournure de l'événement (débats confus ou convenus) ne rendent pas justice à une opération qu'ils présentaient comme modèle. Elle devait justifier la signature d'un accord de coopération entre l'Europe et le Maroc en matière de recherche – une première pour les pays du sud méditerranéen. C'était prendre un risque d'en présenter « en direct » la réception au Commissaire en personne, dont l'événement appellerait le déplacement.

Le risque n'était pas moindre pour le Ministère marocain. Il lui fallait obtenir un soutien gouvernemental du plus haut niveau, et se préparer à affronter, « en direct » aussi, l'imprévisible humeur des parties prenantes (chercheurs en tête).

Enfin, pour l'opérateur, c'était remettre en jeu sa crédibilité lentement construite.

13. Voir le chapitre d'Ilham Laaziz sur « Le rôle du ministère ».

La décision de tenter une démonstration éclatante était donc un pari risqué. Pour ceux qui avaient suivi pas à pas le déroulement de l'évaluation (alors presque achevée) il était néanmoins clair qu'elle allait livrer des documents solides et des informations originales. Il était aussi perceptible que la longue pérégrination des experts avait été généralement bien perçue, levant l'espoir d'une reconnaissance dans la communauté scientifique. La gageure était donc soutenable. Et son succès pouvait assurer à l'opération un retentissement bien supérieur à celui d'un rapport. Il lui donnerait la dimension politique qui manquait encore. Il pouvait établir les textes produits comme socle durable d'une réflexion sur la recherche, et leur assurer une portée pratique autrement moins certaine.

6.2. La réalisation

Une fois la décision prise, tout reposait, point capital, sur une *organisation* impeccable, et sur l'étroite collaboration entre l'opérateur et le ministère. D'autres que moi, qui en ont eu la responsabilité, évoquent plus loin cette organisation (chapitre : « Le rôle du ministère »). Elle fut confiée à une équipe restreinte, extrêmement efficace et mobilisée, qui ne comptait pas sa dépense, et qui réussit avec sang froid à penser à tout : organisation matérielle (qui devait être parfaite) et diplomatique...

La part de l'opérateur est ici minime : il lui revenait d'obtenir à temps de tous les experts des rapports publiables, et à décider une dizaine d'entre eux (un chef de file par grand domaine de recherche) à venir défendre sur place le rapport de leur spécialité.

Il n'y en eut pas moins des aller retour parfois nombreux entre chaque auteur et l'opérateur, pour parvenir à des textes propres à la publication, et dans un format relativement standard (en tous cas avec des points de passage obligés...)

La *participation* fut minutieusement pensée. La réunion a permis de confronter les approches de nombreux chercheurs, des responsables institutionnels, et de clients potentiels. Il faut noter que *débats* il y a eu, libres et animés. Ils ont conduit à des *recommandations*. Loin de constituer un catalogue de revendications, celles-ci pouvaient, après hiérarchisation, aider le ministère à établir une « feuille de route » largement consensuelle.

6.3. Les suites de l'opération

C'était ensuite aux Marocains de reprendre l'exercice.

À l'issue de l'Atelier, le ministre a estimé que *l'évaluation avait facilité le dialogue* avec la communauté scientifique. Il a indiqué qu'il souhaitait :

- d'abord la *faire connaître* : (réédition de l'ensemble des rapports et recommandations. débats avec d'autres chercheurs et les opérateurs économiques) ;
- en assurer le *suivi* (groupes de travail « thématiques », à l'initiative de la nouvelle direction de la Recherche) ;

- *exploiter* certaines suggestions et recommandations (laboratoires accrédités, plateformes d'équipement, solutions documentaires, thèmes fédérateurs...);
- lancer à son tour une évaluation des *sciences humaines et sociales*.

Dans le dernier chapitre de ce livre (« Leçons et suites ») des responsables de l'activité scientifique et technique du Maroc reviennent, avec recul, sur l'intérêt dont reste créditée cette opération, sur les réalisations qui ont suivi, et sur l'inspiration dont elle peut être encore pour l'action.

7. Pour conclure

Qu'attendre d'un tel exercice ?

D'abord de **se connaître**.

- L'évaluation du « système » donne la *vue d'ensemble*, un peu grossière mais juste, qui fait défaut à tout observateur particulier.
- Les rapports d'experts permettent, *sans complaisance et dans un contexte de compétition internationale*, d'apprécier les *forces et faiblesses* du potentiel existant.
- L'ensemble suggère des mesures susceptibles d'améliorer le système.
- Ajoutons qu'il s'agit d'un *diagnostic rapide*, en somme *peu coûteux*, et qui livre des outils de suivi *faciles à entretenir* (questionnaire, algorithmes bibliométriques... : « tableau de bord »).

L'exercice permet aussi de faire **connaître et reconnaître** sa propre recherche, sur le plan national et international.

- Il s'agit de convaincre, ici et ailleurs, décideurs et opérateurs économiques qu'elle ne relève pas du « luxe » ; mais qu'elle peut fonctionner comme « levier du développement ». Au cas présent, les experts ont fait l'effort de suggérer quelques *bonnes raisons* de faire de la recherche sur place, et *des idées* de thèmes pertinents et porteurs d'avenir, dans un délai raisonnable.
- Ces experts se sont d'ailleurs manifestement pris d'intérêt pour un milieu scientifique auquel ils accordent considération ; et pour un pays qui peut tirer grand profit de sa capacité scientifique – par endroits impressionnante¹⁴. Ils le font savoir autour d'eux.

Enfin, l'un des mérites de l'opération aura été de contribuer au **développement de la culture même de l'évaluation**.

14. Il est vrai que certaines équipes ont accompli, avec de faibles moyens des exploits. Les rapports par domaine en évoquent certains (des sciences de la terre aux mathématiques, de la neurologie à l'information communication...). Ils rendent hommage aux quelque 300 chercheurs, qui produisent à eux seuls près du tiers de la science marocaine répertoriée ; et aux jeunes scientifiques qui s'évertuent à faire valoir leur plein d'idées, à jour et originales.

Sa longueur même, sa ténacité, ses qualités affichées face à face (compétence, écoute et neutralité) ont marqué sur le terrain.

Elle a souvent paru, au milieu scientifique, comme une preuve d'intérêt ; et l'esprit de dialogue, dont l'Atelier final a témoigné, a resserré les liens entre praticiens et responsables.

La (re-)connaissance de soi, et la libération de la parole *enclenchent* une dynamique.

C'est évidemment aux intéressés d'en tirer ensuite parti.

CHAPITRE 2

Le rôle du ministère

ILHAM LAAZIZ EL MALTI

En 2000, le Premier ministre confie à l'autorité gouvernementale chargée de la recherche scientifique¹ le soin de dresser un bilan global du potentiel de recherche scientifique marocaine. Cette autorité (plus bas désignée comme le « département de la Recherche ») décide alors de réaliser *une évaluation externe*, en faisant appel à la collaboration de la DGXII de l'Union européenne (UE). *L'objectif est d'établir un état des lieux afin de mieux définir une politique et une stratégie nationale* en matière de recherche scientifique et technique.

Cette prise de décision faisait suite à une réflexion déjà menée en concertation avec les acteurs de la recherche (universités, centres de recherche, entreprises impliquées dans la R & D), et avec les départements techniques ayant la tutelle des organismes de recherche. Elle avait conduit à la tenue d'Assises de la recherche. Les débats s'y étaient concentrés sur la question : comment intégrer la recherche scientifique dans le développement économique et social du pays ?

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'opération d'évaluation « Améliorer l'efficacité des systèmes de recherche publics ». Demandée par le Maroc, et réalisée grâce à l'UE, elle a été préparée et coordonnée par une équipe de recherche française (l'UR 105 de l'IRD²). Elle avait pour objectif d'évaluer la recherche marocaine afin d'intégrer le système national de la recherche³ dans le processus de développement global du pays.

1. Nommé en 1998, le Secrétaire d'État chargé de la Recherche scientifique, auprès du ministre de l'Enseignement supérieur, de la Formation des cadres et de la Recherche scientifique, a mis en place en 2002, l'organigramme du Secrétariat d'État qui comprend deux directions, celle de la Technologie et celle des Sciences. En 2003, le Secrétariat d'État est érigé en ministère délégué chargé de la Recherche scientifique (MDRS). Par la suite, il disparaîtra comme ministère ; mais ses deux directions demeurent, au sein du grand ministère de l'Éducation nationale. Nous adoptons ici la dénomination générale de *département de la Recherche* pour désigner au fil du temps cette Autorité gouvernementale. Au moment de l'évaluation européenne, il s'agit d'un *ministère* délégué chargé de la Recherche scientifique.

2. Sélectionnée par la Commission européenne, cette unité de recherches (« Savoirs et Développement ») est notamment spécialisée dans les études sur la science.

3. Mais si l'objectif de cette évaluation au niveau national est la réalisation d'un bilan des potentialités scientifiques et techniques que le pays recèle, elle constitue aussi, à l'échelle internationale une première étape de l'intégration progressive du Maroc dans l'espace européen de recherche.

L'opération devait consister en l'établissement d'un diagnostic des potentialités scientifiques du pays par des experts européens, à la suite de visites raisonnées de sites de production scientifique. Elle ne concernait *pas les sciences humaines et sociales*; celles-ci feront l'objet par la suite d'une évaluation spécifique. Elle portait sur le champ, déjà suffisamment vaste, « des sciences exactes, de la vie et de l'ingénieur ». Le département de la Recherche en avait indiqué les neuf domaines essentiels⁴ :

- recherche pharmaceutique et médicale ;
- agronomie, agriculture, médecine et sciences vétérinaires, forêts ;
- sciences de la mer, aquaculture et pisciculture ;
- géologie, géophysique, hydrologie et traitement de l'eau ;
- énergie, environnement ;
- satellites, espace et télécommunications ;
- sciences de l'ingénieur : génie civil ; génie chimique ; métallurgie et génie mécanique ;
- physique du solide, physique des matériaux, physique et technologie nucléaires ;
- mathématiques, mathématiques appliquées et génie informatique.

Une telle opération constituait une première au Maroc⁵. Il n'existait pas encore de culture de l'évaluation, interne et moins encore externe ; pas d'outil pour y procéder régulièrement, à propos des personnes comme des institutions⁶. Il ne s'agissait certes ici que de dresser un état des lieux, qui devait servir à relancer un débat ; non de réaliser une « évaluation » complète et valant jugement. L'opération allait toutefois concerner beaucoup de monde (en principe tous les enseignants du supérieur, statutairement tenus à obligation de recherche ; et nombre d'autres personnels). Son caractère inhabituel, sa portée imprévisible pouvaient inquiéter.

Le département de la Recherche (dont je faisais partie) a donc décidé de mener une série d'opérations pour *y préparer la communauté des chercheurs marocains*. Le déroulement de l'action fut découpé en deux phases, une phase préparatoire et une phase opérationnelle. Dans les deux cas, un échange permanent entre les opérateurs (UE et IRD) et le département de la Recherche a permis d'aplanir le terrain, pour faciliter le travail des experts et en tirer le meilleur parti.

4. Quand la connaissance du potentiel s'affina (bibliométrie, inventaire des laboratoires...), de légères modifications furent apportées : la chimie fut traitée intégralement, et la chimie des substances naturelles fit l'objet d'une attention particulière ; l'Eau et les sols furent traités pour eux-mêmes... L'Atelier de restitution rend compte de la découpe finalement retenue. Elle couvre *l'ensemble des domaines* communément dits *de S & T*.

5. Au reste, peu de pays s'y hasardent, et s'ils le font c'est à de rares intervalles.

6. La principale expérience, récente en la matière, consistait dans des comités *ad hoc*, en charge d'accréditer les formations doctorales (« UFR »), ou de classer les propositions répondant à des appels à projets scientifiques (« PARS et PROTARS »).

Tout d'abord au cours de la phase de préparation, le département de la Recherche a mené des actions de *sensibilisation* de la communauté scientifique. Il a soumis à débat le cahier des charges proposé par l'UE, et fait procéder à sa validation. Il a discuté avec l'équipe coordinatrice de l'IRD les outils et procédures les mieux adaptés, pour choisir l'itinéraire des experts et compléter le bilan. Il a ensuite apporté son soutien à la mise en œuvre ; il a mobilisé ses services, et si besoin alerté les établissements, pour créer ou collecter les informations manquantes.

Lors de la seconde phase, le département de la Recherche a préparé et organisé la visite des experts sur les sites à évaluer. Il a suivi au quotidien le déroulement de l'opération. Il a conçu et préparé la tenue de l'Atelier national, où furent à la fois exposés et mis en débat les diagnostics des experts.

L'interaction, engagée de longue date entre le département de la Recherche et les établissements évalués, s'est ainsi élargie à l'équipe de l'IRD coordonnant l'évaluation (et aux évaluateurs eux-mêmes), pour aboutir à une meilleure implication de la communauté des chercheurs lors du passage des experts européens sur le terrain.

Pour une implication de la communauté scientifique

Tout d'abord les réunions organisées par le département de la Recherche avec toutes les autorités compétentes⁷ et les acteurs de la recherche scientifique, ont permis à la communauté scientifique de *s'approprier le projet* d'évaluation. Ce travail *d'explication et d'implication a été un préalable* nécessaire pour faciliter la mission des experts sur le terrain.

Sensibilisation de la communauté et validation du cahier des charges : deux Commissions préparatoires

Étant donné la configuration de la recherche scientifique marocaine⁸ éclatée entre des tutelles différentes voire plusieurs tutelles dans certains cas, le Département de la recherche décida de créer deux commissions pour sensibiliser l'ensemble de la communauté scientifique :

- la première, la commission « inter-départements ministériels », regroupait les départements techniques ayant la tutelle des organismes de recherche concernés par l'opération d'évaluation ;
- la deuxième, la « commission d'experts » était composée d'une part d'enseignants chercheurs et de chercheurs exerçant au sein des universités, des établissements publics de formation de cadres, et dans des établissements

7. Ayant la tutelle des établissements publics de recherche et des établissements de formation des cadres concernés par l'évaluation.

8. Voir le rapport de Mina Kleiche *La recherche scientifique au Maroc*, IRD, 2002.

publics de recherche⁹ – et d'autre part de responsables de R & D en entreprise. Tous sont reconnus à l'échelle nationale et internationale dans leur discipline ; et la somme de leurs compétences¹⁰ couvre les 9 domaines évalués.

Les deux commissions ont d'abord étudié et validé le cahier de charges ; notamment l'architecture de l'évaluation en trois parties, et leur contenu, à savoir, la préparation de l'opération, les visites sur le terrain par des experts européens, et l'organisation d'un Atelier national de restitution des résultats. Les Commissions ont aussi examiné les documents de base¹¹, préparés par l'IRD en amont de l'opération d'évaluation, et constituant un premier descriptif du système de recherche.

Les deux commissions ont recommandé de s'intéresser à l'impact des soutiens accordés par l'autorité de tutelle depuis sa création en 1998. Elles ont aussi insisté sur la nécessité de disposer d'une vision complète de l'ensemble du système de recherche scientifique et technique du Maroc. Elles ont proposé une évaluation couvrant toutes les institutions à vocation scientifique et technique telles que les universités, les établissements de formation de cadres, et les centres de recherche – y compris les établissements qui ne dépendent pas directement du Ministère de l'enseignement supérieur : il s'agit en ce cas des établissements publics placés sous la tutelle des ministères techniques tels que l'INRA, le CDER, le LPEE, l'INRH, etc.). Cette évaluation la plus exhaustive possible, devait permettre au Département de la recherche d'établir une stratégie nationale de développement de la recherche scientifique et technique, adaptée au contexte actuel et futur du Maroc¹².

9. Il s'agit aussi bien des facultés (médecine, sciences, pharmacie), des écoles d'ingénieurs (École Mohammadia des ingénieurs, EMI ; École Hassania des Travaux publics, EHTP ; Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, IAV...), que de centres de recherche (Institut national de recherche agronomique, INRA ; Institut national de recherches halieutiques, INRH ; Centre national pour la recherche scientifique et technique, CNRST ; Centre de développement des énergies renouvelables, CDER ; Laboratoire public d'étude et d'essais, LPEE...).

10. Biotechnologie, santé, géologie, physique, chimie, mathématiques, automatique, génie électrique et industriel, microbiologie marine, environnement, ressources en eau, sciences et techniques de l'espace, génie civil, vétérinaire, agronomie, génie chimique, sciences et techniques de l'information et de la communication.

11. Ces documents concernent l'histoire de la recherche scientifique au Maroc et l'étude bibliométrique de la production scientifique marocaine : voir rapport Mina Kleiche, *op. cit.* et le rapport de Roland Waast et Pier Luigi Rossi, *Bibliométrie 1991-2001, IRD, 2002*.

12. L'évaluation exhaustive (et régulière) de toutes les institutions de recherche ne peut relever que d'un *comité ou d'une agence nationale*. Sa création reste à l'ordre du jour. L'évaluation externe ne pouvait s'y substituer : les experts européens n'étaient pas mandatés à cette fin. On veilla toutefois à ce qu'ils visitent des sites nombreux, et de la plus grande diversité.

Diverses autres observations furent formulées, et transmises à la Commission européenne. Celle-ci en a tenu compte dans l'élaboration du cahier de charges final. Il s'agissait, en particulier, d'apprécier les principales mesures prises par le Maroc pour la promotion, le soutien et le financement de la RST : que ce soit en matière de ressources humaines, ou sous la forme d'appels d'offres sur programmes, de pôles de compétence et de réseaux de recherche, de dispositifs de rapprochement université – entreprise, de réalisations programmées dans le Plan national d'investissement 2000-2004.

Par la suite le cahier des charges et la décision d'entreprendre l'évaluation globale du système national de la recherche ont été approuvés par le Comité permanent interministériel de la recherche scientifique et du développement technologique¹³ lors de sa première réunion le 12 décembre 2001 tenue sous la présidence du premier ministre.

Soutien technique et organisationnel : La description du système et l'enquête laboratoire

L'interaction entre le département de la Recherche et l'équipe coordinatrice de l'IRD s'est aussi faite au niveau technique et organisationnel.

Une équipe de pilotage permanente et restreinte a été établie au sein du Département de la recherche pour discuter chaque étape de l'évaluation, en valider les modalités, et faciliter leur réalisation. Des réunions périodiques fréquentes avec les coordinateurs (IRD) ont permis de préfigurer l'opération pas à pas, et de la soutenir.

La première préoccupation a été de collaborer au perfectionnement du rapport préliminaire sur « La recherche scientifique au Maroc », réalisé par l'IRD pour être soumis aux commissions interministérielles et d'experts déjà citées. Ce document, amélioré, a servi ensuite à éclairer les experts avant leur arrivée. Encore enrichi, et validé, il figurera parmi les documents de base fournis aux participants de l'Atelier national conclusif.

Il s'agit d'un texte étoffé (plus de 100 pages), destiné à faire référence, avec une abondante bibliographie et un répertoire des sources. Il comprend une histoire de l'appareil de recherche marocain, et le descriptif de son état présent. Il rapporte non seulement les textes qui le régissent, mais un aperçu des objectifs principaux de développement du Maroc, ainsi que des politiques économique, sociale, environnementale du pays, permettant d'apprécier la pertinence des recherches et de la politique scientifique et technique existant¹⁴.

13. Cette instance interministérielle a été créée en 2001. Elle est chargée, entre autres, de proposer la stratégie et les orientations nécessaires pour la promotion de la recherche scientifique et technique ; et de coordonner les activités de recherche.

14. Voir, le texte de Mina Kleiche, *La recherche scientifique au Maroc*, Atelier national sur l'évaluation du système de la recherche scientifique dans les domaines des sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur. 26-27 mai 2003 Rabat.

Le souci de l'exactitude a conduit pour l'établir à une coopération étroite entre le Département de la recherche et la rédactrice du rapport (Mina Kleiche Dray). Elle a impliqué au besoin les services ministériels, et certaines institutions de recherche. Il s'est agi de répondre aux questions de l'auteur en revenant aux sources, de vérifier et de confronter les données, de les présenter de façon claire, transparente, utile, et aussi proche que possible des catégories employées au niveau international. Le répertoire des établissements, l'inventaire détaillé des personnels, la ventilation des budgets, et leurs évolutions sont quelques uns des chapitres qui ont réclamé un travail minutieux, mobilisant des collaborations multiples.

Outre cette coopération fructueuse, une autre opération de soutien technique s'est avérée nécessaire. L'équipe de l'IRD avait proposé de réaliser une enquête questionnaire auprès des laboratoires, pour compléter l'information sur les conditions de la production scientifique. On visait ainsi une « exhaustivité » (en tous cas une large représentation) que les visites d'experts ne permettraient peut être pas au même degré. Or l'absence de répertoire à jour inventoriant tous les groupes, équipes, laboratoires de recherche en activité au Maroc rendait la réalisation de l'enquête difficile¹⁵. Le Département de la recherche scientifique a donc lancé un appel auprès de la communauté scientifique pour effectuer un inventaire de toutes les structures collectives de la recherche existant au Maroc. L'envoi d'un formulaire de recensement aux universités, aux centres hospitaliers universitaires (CHU), aux établissements de formation de cadres et aux établissements publics de recherche, a été suivi de relances obstinées pendant plusieurs mois. En définitive, il a permis d'identifier 636 laboratoires et équipes de recherche concernés par les 9 domaines d'évaluation. Quatre cent quarante-quatre laboratoires et équipes ont été recensés de la sorte au sein des universités, 46 abrités par les centres hospitaliers universitaires (CHU) et 146 appartenant aux établissements publics de recherche.

Les informations sur chacun de ces collectifs de recherche, comme son appartenance institutionnelle, le département et le responsable du laboratoire ou équipe, ses coordonnées (téléphone, télécopie et adresse électronique), les axes de recherche principaux ainsi que la liste des équipements importants ont été regroupées au sein d'une base de données mise à la disposition de l'équipe IRD. Cette base de données inclut plus des trois quarts des laboratoires publics de recherche (hors sciences humaines sociales). Il est permis d'affirmer qu'elle est représentative de leur diversité institutionnelle et thématique ainsi que de leur répartition géographique sur le territoire marocain¹⁶.

15. D'autant que le questionnaire étant électronique, l'adresse e-mail était requise.

16. Voir le rapport d'enquête de Jacques Gaillard et Anne-Marie Gaillard, *Les laboratoires de recherche marocains : une enquête questionnaire*, mai 2003.

Cette base a complété les indications bibliométriques, pour servir au choix raisonné des sites que les experts allaient visiter par la suite.

À ces deux grandes opérations, il faut ajouter le *soutien majeur* que le département de la Recherche apporta en organisant *une série de réunions* : le chef de projet européen Roland Waast, directeur de recherche à l'IRD et la coordinatrice au Maroc de l'opération d'évaluation, Mina Kleiche, chercheur à l'IRD, y présentèrent, sous les auspices du département de la Recherche, le projet d'évaluation aux *présidents d'universités, aux responsables d'établissements* de formation de cadres et d'établissements publics de recherche ainsi qu'à des responsables industriels.

Préparation et organisation des visites sur site

La seconde étape de l'opération « Améliorer l'efficacité des systèmes de recherche publics » a concerné l'évaluation qualitative de la recherche scientifique. Elle a consisté en la visite sur site d'un échantillon représentatif de laboratoires de recherche ; puis la présentation et la mise en débat des diagnostics des experts.

Choix des experts, préparation des visites

Tout d'abord, le chef de projet, Roland Waast, en concertation avec la Commission européenne et le département de la Recherche a identifié et sélectionné les experts européens. Ces experts, tous de renommée internationale, appartiennent aussi bien au monde académique (professeurs d'université, professeurs émérites, chercheurs, membre de l'Académie française des S & T, responsables de fondations scientifiques...), qu'au monde économique et industriel (consultants). Ils provenaient de plusieurs pays Européens¹⁷.

Parallèlement un courrier a été envoyé aux chefs d'établissements pour organiser les visites des experts aux laboratoires, selon un calendrier détaillé. Dans chaque établissement, une discipline donnée était visée dans son ensemble (celle de l'expert qui devait venir). Parfois la visite d'un laboratoire spécifique était demandée (parce qu'il était de particulière excellence). Pour le reste, il était laissé à l'appréciation de l'établissement d'établir le programme détaillé de la visite. Pour l'occasion, les responsables d'équipes et de laboratoires étaient invités à préparer un dossier de présentation de leur structure.

Les visites ont eu lieu de septembre à novembre 2002, puis de nouveau en février et mars 2003. Les experts se sont déplacés par binôme ou trinôme, accompagnés d'un membre de l'IRD, et d'un expert marocain spécialiste lui aussi du (des) domaine(s) concerné(s).

17. Roland Waast, dans la quatrième partie, chapitre « Synthèse de l'évaluation », explicite les critères de choix, très rigoureux, qui ont conduit à identifier ces experts.

La présence des experts marocains (tous membres de la « Commission d'experts » mentionnée plus haut) avait pour objectif de faciliter l'introduction des experts européens auprès des chercheurs marocains. Ils avaient toutefois pour consigne de ne pas intervenir lors des entretiens et des diagnostics effectués par ces experts, pour être en harmonie avec la volonté du département de la Recherche de mener une évaluation *externe* (en l'occurrence par le biais d'une expertise européenne).

Les interventions ont varié de cinq à douze jours selon le domaine. Au total les experts ont parcouru 50 000 km, pour visiter 143 institutions¹⁸, correspondant à plus de 400 structures de recherche rencontrées. Ces structures appartenaient aux 13 des 14 universités, à l'essentiel des instituts de recherche et des écoles d'ingénieurs, et à plusieurs sociétés (semi-publiques ou privées) réalisant de la R & D. Environ 1 500 chercheurs ont assisté aux réunions organisées sur site.

À peu près, 200 documents où les équipes se décrivent ont été collectés et répertoriés dans une *base de données*. Celle-ci comprend plusieurs informations relatives aux laboratoires de recherche (coordonnées, composition, équipement, collaborations nationales et internationales, financement, publications, sujets de recherche...)

La participation de la commission d'experts marocains à l'opération d'évaluation sur le terrain a été essentielle et ce à deux niveaux. Premièrement, la connaissance par ses membres à la fois de l'environnement de la recherche et des activités de recherche dans leur discipline respective a facilité le travail des experts européens. Elle a été précieuse en termes d'accompagnement et de collecte de données, lors des visites sur le terrain. Deuxièmement, cette expérience a permis à cette équipe d'experts marocains d'étoffer son expérience en matière d'évaluation des politiques publiques. Ils constituent désormais un vivier de compétences pouvant être utile en vue d'une évaluation continue du système de recherche scientifique ; notamment dans le cadre de la structuration de la recherche, entreprise par les universités pour accréditer les groupes de recherche (équipes, laboratoires, centres...).

Préparation et organisation d'un atelier national

Une fois les diagnostics des experts rendus sous forme d'une série de rapports couvrant les neuf grands domaines (sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur), il s'agissait pour le département de la Recherche d'aboutir à des propositions permettant de définir une véritable politique de la recherche selon un calendrier détaillé.

18. Certaines institutions ont reçu plusieurs visites, relatives à des domaines différents. Par exemple la Faculté des sciences de Marrakech a été visitée pour les mathématiques, les sciences de la Terre, les domaines de l'agriculture, de l'eau et de l'énergie.

Le ministère souhaitait recueillir des propositions réalistes, permettant : d'améliorer à court terme le fonctionnement de chacun des rouages du système ; et d'instituer par étapes, un véritable *système* de recherche, efficace et durable.

L'Atelier national : organisation et déroulement

L'Atelier national *sur l'évaluation du système de la recherche scientifique* organisé à Rabat en mai 2003, devait contribuer à ce projet en présentant les résultats de l'évaluation devant les scientifiques, les responsables institutionnels et les clients de la recherche.

C'est le ministère qui en a voulu l'ampleur, conçu l'organisation, et assuré le déroulement.

L'Atelier a réuni quelque 400 participants, *producteurs directs de science, responsables institutionnels, clients*, choisis selon des critères bien précis. Les *chercheurs* ont été choisis pour leur « excellence », et on a veillé à inviter aussi bien les « figures » faisant autorité dans leur discipline que de « jeunes » chercheurs prometteurs. En outre tous les chercheurs devaient appartenir à des institutions de statut et de vocation divers (facultés des sciences, facultés des sciences et techniques et écoles supérieures de technologie, écoles, Instituts de recherche, mais aussi R & D industrielle ou sociétés d'ingénierie, en proportions variables selon les domaines). On a pris soin enfin d'assurer une représentation de toutes les régions et disciplines.

Étaient présents d'autre part les *responsables institutionnels*, directement intéressés à la question de la recherche : responsables d'établissements, responsables des ministères en charge, et des ministères usagers ou potentiellement demandeurs (Recherche, Enseignement supérieur, Agriculture, Santé, Industrie, etc.). Enfin les dirigeants de grandes entreprises, les représentants de professions ont été invités comme les « *clients* » potentiels de la recherche. On a pu compter sur la présence des présidents des universités, des doyens des facultés de science, des directeurs des écoles d'ingénieurs et des instituts nationaux de recherche. Un regard extérieur a pu être posé grâce à la présence de personnalités étrangères, responsables de la Commission européenne (DG I, VIII et XII), représentants diplomatiques, chercheurs marocains résidant à l'étranger, ainsi qu'un certain nombre d'experts internationaux.

La première matinée, en séance plénière, a été consacrée à l'ouverture officielle et à la présentation par le chef de projet de la *Synthèse* de l'évaluation¹⁹. Puis au cours de l'après-midi se sont déroulés des *ateliers « thématiques »*

19. Cette réunion s'est tenue sous le Haut Patronage de Sa Majesté le Roi Mohammed VI. La séance inaugurale a été honorée de la participation de Driss Jettou, Premier Ministre, de Philippe Busquin, Commissaire européen de la Recherche, de Mohamed Belfkih Meziane, conseiller du roi, de plusieurs ambassadeurs et de membres du gouvernement (dont Omar Fassi-Fehri, ministre délégué chargé de la Recherche scientifique et président de séance).

(concernant les conditions de la production scientifique). Le lendemain les participants se sont redistribués dans des *ateliers organisés par grands domaines « disciplinaires »*.

Chaque atelier était introduit par un présentateur, exposant en une demi-heure un *document de synthèse* dont il était l'auteur. Un commentateur disposait d'un temps égal, pour lui donner la réplique. Présentateur et commentateur venaient d'horizons différents (nationalité, position professionnelle). Un débat de 3 heures suivait, entre les 30 à 50 participants librement inscrits sur le thème. Le temps de parole était limité, pour permettre au plus grand nombre de s'exprimer. Ce fut le cas, et les interventions se révélèrent denses et méditées.

Les sept ateliers « thématiques », tenus en parallèle, portaient sur des *questions « transversales »* (interdisciplinaires, inter établissements). Ils ont concerné respectivement :

- la coordination et le tableau de bord ;
- les ressources humaines ;
- l'organisation de la recherche dans les universités et les établissements publics de recherche ;
- les budgets et le financement ;
- l'équipement et la documentation ;
- les relations avec le secteur productif ;
- la coopération internationale.

Pour nourrir les débats, des *documents préparatoires à chaque atelier* avaient été préparés par le Département de la recherche scientifique. Ce texte préparatoire a été résumé par son auteur en introduction de l'atelier correspondant ; le commentateur étant en ce cas un chercheur (expert marocain ou européen). Tous les documents ont été remis aux participants, qui disposaient en outre des « *rapports de base* » établis par les coordinateurs ; soit : le rapport sur « La recherche scientifique au Maroc » réalisé par Mina Kleiche Dray (IRD, 2002), le rapport sur « La Bibliométrie 1991-2001 » préparé par Roland Waast et Pier Luigi Rossi (IRD, 2002) ainsi que le rapport « Les laboratoires de recherche marocains : une enquête questionnaire » de Jacques Gaillard et Anne Marie Gaillard (2003). Cette documentation a été complétée par les *bilans du Ministère délégué chargé de la recherche scientifique*, et d'autres documents produits par divers ministères concernés (assises de la recherche agricole, etc.).

Les onze ateliers organisés le lendemain, *par grands domaines* disciplinaires, concernaient :

- agronomie, agriculture et forêts ;
- hydrologie et traitement de l'eau ; sols et environnement ;
- sciences de la mer et aquaculture ;
- biomédecine et santé ;
- chimie des substances naturelles ;
- géosciences (sciences de la Terre) ;

- sciences et techniques de l'information et de la communication ;
- chimie ;
- physique et énergie ;
- mécanique et génie mécanique ;
- mathématiques.

En chaque cas, l'un des experts européens du domaine était présent pour défendre son rapport. Un commentateur marocain apportait un point de vue différent ou complémentaire. Outre leur « documentation de base », déjà énumérée, les participants disposaient cette fois du diagnostic préparé par les experts européens pour le domaine concerné (et de la synthèse de l'évaluation, présentée en plénière).

Un intense débat a suivi, dense et sans fards. On en trouve l'écho dans les recommandations, présentées par tous les ateliers en séance de clôture²⁰. Après un dernier débat, le ministre délégué chargé de la Recherche scientifique, Omar Fassi-Fehri, qui avait suivi les discussions tout au long des deux jours a dit sa satisfaction de la liberté de parole, et de la sincérité des intervenants. Il a estimé que l'expertise avait facilité le dialogue avec la communauté scientifique. Il a remercié les participants pour la force de leurs propositions ; les experts et les coordinateurs pour leur franche collaboration ; et l'équipe ministérielle organisatrice, pour s'être dépensée sans compter. Il a retracé l'histoire de l'évaluation, que lui-même avait voulue *externe*, et s'est réjoui qu'on dispose avec elle d'une base incontournable d'analyse et de propositions : certes encore incomplète ; certes encore à approfondir ; mais fiable et durable. Il s'est déclaré prêt à s'inspirer de nombre de suggestions recueillies à cette occasion.

La presse a fait écho aux propos tenus au cours de ces journées, notamment par le Premier ministre et par M. Busquin (Commissaire européen de la Recherche). Elle a salué l'annonce de la création d'un système de bourses de recherche pour préparer le doctorat²¹ ; et celle de la conclusion d'un accord scientifique et technologique, entre le Maroc et la Commission européenne. Entre autres propos relevés, elle a retenu, sur le fond, l'affirmation que le niveau de développement des Nations se mesure aussi à leur potentiel scientifique ; et la volonté de faire de la recherche un des leviers du développement. Elle a aussi rendu compte des résultats de l'opération, et de sa méthode.

20. À l'issue de chaque atelier, les rapporteurs rédigeaient leurs rapports et le faisaient valider par le président de séance, ce qui a permis d'avoir tous les exposés des ateliers prêts pour la séance de clôture où deux heures ont été consacrées au débat.

21. Deux cents bourses de recherche ont été attribuées en 2004, 200 en 2005, pour une durée de trois ans. Il est prévu d'atteindre, en 2007, 600 bourses, correspondant au régime de croisière.

Le ministère a réuni par la suite l'ensemble de la documentation construite à l'occasion de l'Atelier. Cet ouvrage, intitulé « Atelier national sur l'évaluation du système de la recherche scientifique dans les domaines des sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur – 26 et 27 mai 2003, Hay Riad, Rabat » comprend trois volumes :

Vol. 1 : Allocutions et Synthèse générale (61 pages);

Vol. 2 : Rapports d'évaluation (554 pages);

Vol. 3 : Système national de recherche scientifique (163 pages);

Le volume 3 comprend notamment tous les documents préparatoires créés par le ministère en préparation des ateliers thématiques.

Le volume 2 comprend tous les rapports préparatoires de l'IRD, tous les rapports d'experts européens, et la synthèse de l'évaluation.

L'ouvrage a été imprimé et diffusé par le ministère, où il se trouve.

Conclusion

Ainsi en restituant, les résultats de l'évaluation au grand nombre des intéressés, l'Atelier national a conclu un long processus d'évaluation (il a duré plus d'un an). Cette opération a révélé la qualité des chercheurs marocains ; elle a fait connaître l'offre de recherche pour en stimuler la demande. Elle a aussi démontré l'intérêt pour le pays d'investir dans la recherche, précisé les domaines pertinents d'investigation et initié la structuration de la communauté scientifique.

L'effet d'une telle action n'est pas simplement de mieux connaître le milieu de la recherche, mais de le faire connaître (et reconnaître). Il ne s'agit pas seulement d'éclairer la décision, et de dessiner des voies à prendre ; mais de convaincre et de mobiliser, les sceptiques aussi bien que les premiers intéressés. La cible est à la fois internationale et nationale : en ce cas, elle s'étend du grand public aux plus hautes autorités, en passant par un monde de « clients » potentiels.

La configuration du système national laissait attendre des difficultés à contourner, des réticences à surmonter, des refus à désamorcer, dans et hors des milieux de la recherche. C'est précisément pourquoi l'opération valait d'être lancée : elle donnait prétexte à expliquer, convaincre, entraîner.

L'entreprise, voulue par le Ministère, ne pouvait réussir que dans le respect des prérogatives de chacun (ministères divers, chefs d'établissement...), de la liberté des acteurs (aucun « évalué » n'a été tenu de participer aux réunions avec les experts...), de l'équilibre des régions, disciplines, statuts, générations (en ne mésestimant personne). Ce ne pouvait être une pure opération « technique ». Mais c'était bien plus qu'une « opération de communication ». Elle devait aussi forcer l'attention, et laisser des traces, par sa technicité et son indépendance.

C'est pourquoi la coopération exacte (étroite et de plus en plus confiante) entre le ministère et les coordinateurs était indispensable. Le premier connaissait le contexte, percevait les risques, savait l'acceptable. Les seconds devaient

s'y montrer sensibles, mais en défendant leur professionnalisme, et leur autonomie. Un constat débat était nécessaire ; puis une collaboration décidée.

Certes la qualité de l'évaluation est due au travail des experts européens, qui portent la responsabilité du diagnostic final. Cependant, en décrivant cette opération, qui était une première au Maroc, nous avons montré comment les échanges permanents tout au long du processus entre l'Autorité de la recherche et l'équipe coordonnatrice ont participé à sa réussite.

Tout d'abord lors de la phase préliminaire, ces échanges ont permis de préparer une communauté scientifique qui était « vierge » de toute culture d'évaluation, à se confronter aux normes internationales, aussi bien au niveau de ses compétences que de ses résultats et de ses potentialités. Ensuite, ces échanges ont donné des clés aux évaluateurs pour comprendre les spécificités de la recherche marocaine. Surtout, ils ont rendu leur intervention acceptable.

Par ailleurs, la participation de membres de l'IRD, chercheurs en sciences sociales et spécialistes des études sur la science, en a fait des intermédiaires entre les évaluateurs, les évalués, et les instances responsables. Elle a transformé les échanges en de véritables interactions. Le résultat en a été le dépassement des subjectivités et des susceptibilités, l'entrée dans un processus non plus de « jugement de valeur » mais d'appréciation objective, en contexte ; le but unique étant d'œuvrer à la construction d'un système national de recherche partenaire du développement économique et social du pays.

DEUXIÈME PARTIE

Cadrage
de la recherche marocaine

CHAPITRE 3

Une histoire du dispositif de recherche

MINA KLEICHE DRAY

L'organisation et les orientations de l'activité scientifique sont tributaires en chaque lieu de circonstances historiques. Notre objectif est ici de retracer l'histoire de l'entrée du Maroc dans « la science moderne », depuis l'époque du protectorat français jusqu'à nos jours, afin de mieux appréhender le contexte dans lequel s'inscrit aujourd'hui l'émergence d'une politique pour la science.

1. Genèse

Sans être un épiceutre de la science arabe, le Maghreb en a reflété les splendeurs il y a plus de mille ans. De très anciennes universités en furent les fleurons : Kairouan en Tunisie, Tlemcen en Algérie, et au Maroc la Quaraouiyine de Fès (fondée au milieu du IX^e siècle, et parfois considérée comme la plus ancienne université du monde). Avec le déclin de l'empire arabe, et l'expatriation de savants désormais persécutés plus que protégés, l'invention scientifique se déplaça à l'est et à l'ouest (XIV^e et XV^e siècles), alimentant les renaissances Indienne et Européenne. Les universités périclitèrent, ou s'enfermèrent dans un enseignement routinier. Les savoirs endogènes, dispersés et peu codifiés, ne se renouvelèrent pas ou se perdirent. De la période glorieuse subsistent surtout aujourd'hui des images du « savant », flatteuses et populaires.

La régénérescence d'une science moderne est liée en Afrique du Nord à la poussée impérialiste du XIX^e siècle. Elle fut parfois promue par les autorités du pays (Égypte, Tunisie), soucieuses de capter les pouvoirs de la médecine et des sciences de guerre d'Européens que l'on sentait menaçants. Elle est plus souvent importée par le colonisateur, qui s'empare en effet de la région par étapes (Algérie dès 1830 ; Égypte en 1879 ; Tunisie en 1896 ; Maroc seulement en 1912).

L'entreprise scientifique se moule alors dans un mode spécifique de production, attaché aux sciences humaines et naturelles sous la conduite d'institutions métropolitaines. À l'échelon local revient surtout la collecte des données, sans que les « sujets » indigènes y aient grande part [Gaillard, Krishna & Waast, 1997 : 23-29]. Cette production coloniale de science admet pourtant de fortes variantes. Le Maghreb en fournit l'exemple. Trois pays y ont été colonisés par la France. Mais les circonstances de la mainmise diffèrent. Il en résulte des « formations scientifiques » distinctes, combinaisons originales d'institutions et de domaines de prédilection dont les modèles ont une forte rémanence.

2. La science coloniale au Maroc

2.1. Des centres de recherche pour une science appliquée

En Algérie, occupée tôt et promise à l'installation d'un fort contingent de colons, puis rattachée à la métropole en tant que département, la phase d'exploration a été longue. Elle a requis toutes sortes de recherches (y compris fondamentales). Des établissements ont été créés sur place à cette fin. Une Université voit même le jour en 1905. Le cas du Maroc est inverse.

La conquête est tardive (1912), et la région supposée connue. La « mise en valeur », mot d'ordre pragmatique du jour, ne semble pas aux yeux des gouver-

TABLEAU 1
Institutions de Recherche au Maroc sous le Protectorat

Date de création	Intitulé	Lieu	Domaines scientifiques				
			Agri	Méd	ScN	Sc I	SHS
1914	Institut scientifique chérifien	Rabat			+		
1914	Jardin d'essais	Rabat	+				
1914	Laboratoire d'hygiène	Rabat		+			
1914	Institut Pasteur	Tanger		+			
1915	Jardin d'essais	Marrakech	+				
1916	Ferme expérimentale	Fès	+				
1919	Centre d'expérimentation agricole	Rabat	+				
1920	Institut des hautes études marocaines	Rabat					+
1924	Station de génétique et de sélection de semences	Rabat	+				
1928	Centre d'études juridiques	Rabat, Casablanca					+
1932	Institut Pasteur	Casablanca		+			
1940-1945	Centre d'études supérieures scientifiques	Rabat					+
1945	Institut d'océanographie	Casablanca			+		
1946	Laboratoire public d'études et d'essais (LPEE)	Casablanca				+	
1945	Service de la recherche agronomique et de l'expérimentation agricole	Rabat	+				
1946	Institut des pêches maritimes	Casablanca	+				

Agri = sciences agricoles ; Méd = sciences médicales ; Sc N = sciences naturelles ; Sc I = sciences de l'ingénieur ; SHS = sciences humaines et sociales.

neurs dépêchés de France appeler grandes créations institutionnelles ni recherches de base. Le dispositif de recherche colonial (car il en est un) se tourne très vite vers la recherche appliquée, utile aux colons ou à la politique coloniale. Il est surtout consacré aux domaines de la santé et de l'agriculture. Il prend essentiellement la forme de centres de recherche (tableau 1), qui sont placés sous tutelle de services techniques du Protectorat. Ces centres emploient des chercheurs fonctionnaires à plein temps issus de la métropole, où ils ont été formés.

Les Instituts Pasteur de Tanger puis de Casablanca mènent quelques recherches fondamentales, en particulier à propos de la rage [Kleiche, 1994] ; mais les missions de production vaccinale et de veille épidémiologique l'emportent vite sur toutes les autres. En agriculture, l'administration organise autour d'une discipline « nouvelle », la génétique, ses services de recherche. Les premiers jardins d'essais, stations d'essais et fermes expérimentales sont vite regroupés au sein du centre expérimental agricole, destiné à sélectionner les céréales (notamment les blés) [Kleiche 2000 : 15-16].

Vingt ans plus tard, la fin des années 1930 marque une inflexion. Elle manifeste (en métropole) un premier souci de planification et de coordination des investigations scientifiques à l'échelle de l'Empire. Le mouvement est impulsé par le tout nouveau Centre national de la recherche scientifique français (CNRS). Le projet promet d'élargir le champ des recherches, de faire place à des travaux fondamentaux et à des disciplines nouvelles. La guerre le met en veilleuse, mais il ressurgit à son issue [Bonneuil & Petitjean, 1996 : 119-145]. Au Maroc, un Comité scientifique franco-marocain est établi à Rabat. Conseillé par le Comité français de la recherche scientifique, il doit surveiller l'orientation et l'organisation des recherches ; si le développement de domaines inédits paraît recommandable, il lui revient d'établir des coopérations entre le Maroc et les organismes français compétents. Son élan est cependant bridé par une administration coloniale à vue courte, et jalouse de son autorité [B.I.M. 1947 : 26-27, D.I.P., 1950 : 9-10].

D'abord structuré par grands domaines d'application, puis peu à peu par disciplines académiques, le Comité scientifique local servira de chambre d'écho aux revendications des chercheurs. Ceux-ci souhaitent des laboratoires à l'équipement plus moderne, des facilités pour prendre part aux congrès régionaux et internationaux, la création d'un organisme de recherches de base, et celle d'un fonds spécial dédié à la recherche scientifique par le Protectorat. Ce lobby ne retient pourtant guère l'attention des pouvoirs publics. Une seule « séance d'information », tenue en 1945, réunit chercheurs et administrateurs du Maroc. Le Comité scientifique franco-marocain tient ensuite seul environ cinq séances plénières de 1947 à 1955. Les vœux de ses sections restent largement lettre morte, et en 1955, à la veille de l'indépendance, certaines d'entre elles s'ajournent devant tant de mauvaise volonté [B.E.P.M. 1955 : 10-48].

La mise à jour de la recherche, envisagée par la Métropole après la Deuxième Guerre s'est limitée à la création d'un nouvel Institut d'océanographie (1945); et dans le domaine appliqué, à la fondation (1946) d'un Institut des Pêches et d'un Laboratoire public d'études et d'essais (pour servir l'industrie et le génie civil). La science locale reste mal dotée, fortement isolée, asservie à l'administration ou dépendante de la science métropolitaine. La coordination à l'échelle de l'Empire, et la mise en réseau imaginée par un courant planificateur parisien (sous la responsabilité du CNRS français) a échoué.

Le legs au pays nouvellement indépendant n'est pourtant pas négligeable, en termes de savoirs accumulés, consignés, et réutilisables. Il est faible en termes d'institutions. Les centres de recherche sont moins nombreux, moins divers et moins étoffés qu'en d'autres pays du Maghreb¹. Ils ne constituent un dispositif puissant que dans le domaine agricole, sous tutelle précise de l'administration correspondante. Là, des modèles de recherche-développement (voire de « développement scientifique » du monde rural) ont pris forme durable [Kleiche 2000 : 19]. Mais en ce domaine comme en d'autres (y compris médical), pratiquement nul chercheur marocain n'a été formé pour prendre la relève; et parfois pas même des préparateurs.

2.2. Peu ou pas de formation à la recherche

En matière de formation supérieure, la colonisation s'est en effet montrée des plus réservée (tableau 2).

Tandis qu'en Algérie fonctionne une université de plein exercice (certes peu ouverte aux « musulmans »), et qu'en Tunisie le projet en a été agité (même s'il finit par avorter), le Protectorat du Maroc s'en tient tardivement (1928) à établir un Centre d'études juridiques à Rabat et à Casablanca, pour former des licenciés en droit. En 1940 un Centre d'études supérieures scientifiques est en projet. Il ne fonctionne qu'après la Libération. En 1945 une École d'agriculture est fondée à Meknès, pour former des techniciens agricoles²; et au tournant des années 1950 sont créées l'École marocaine d'administration (EMA) à Rabat³, ainsi que trois écoles d'agriculture de niveau secondaire (elles forment des « moniteurs », chargés de vulgarisation).

1. C'est en Algérie que le legs est le plus important, y compris dans les domaines de « découverte » (astronomie, géosciences, écologie...) et pour ce qui est de Centres « modernes » (études nucléaires, hématologie et cancérologie...). Ce secteur sera entretenu par la coopération française pendant plus de dix ans, puis repris et « habité » différemment par les premiers jeunes chercheurs et Universitaires formés (El Kenz & Waast, 1997; H. Khelfaoui, 2001).

2. Elle est largement réservée aux enfants de colons. Elle reçoit annuellement une trentaine d'étudiants et les forme en trois ans.

3. Cette École devient après l'Indépendance l'École nationale d'administration publique (ENAP).

TABEAU 2
Institutions d'enseignement supérieur au Maroc à l'époque du Protectorat

Date de création	Intitulé	Lieu	Domaines scientifiques				
			Agri	Med	Sc N	Sc I	SHS
1923	Institut des sciences profanes	Fès			+		+
1928	Centre d'études juridiques (CEJ)	Rabat, Casablanca					+
1940-1945	Centre d'études supérieures scientifiques, (CESS)	Rabat					+
1945	École d'agriculture	Meknès	+				
1945	École Xavier Bernard d'agriculture	Rabat	+				
1945	École d'horticulture	Meknès	+				
1945	École d'agriculture	Soueilah <small>près de Marrakech</small>	+				
1950	École marocaine d'administration (EMA)	Rabat					+

Agri = sciences agricoles ; Méd = sciences médicales ; Sc N = sciences naturelles ; Sc I = sciences de l'ingénieur ; SHS = sciences humaines et sociales.

De façon générale, ces établissements ne sont pas destinés à conduire à des hauts diplômes ; ils peuvent servir de propédeutique à des études supérieures poursuivies en métropole ; mais principalement ils forment les adjoints techniques dont la colonisation a besoin. Ils sont en outre (du moins au départ) fermés de fait aux marocains (« musulmans »). Lorsque ceux-ci y accéderont plus largement (à partir de 1950) ils se dirigeront principalement, pour des raisons d'emploi, vers les disciplines littéraires ou juridiques et non scientifiques. Ces dispositions ne sont pas sans conséquence sur le tour pris par l'enseignement supérieur après l'indépendance (1956).

Il faut ajouter que le Maroc disposait, avant la colonisation déjà, d'un enseignement supérieur musulman. Celui-ci ne fut pas supprimé. Mais il resta enfermé dans un système de recrutement propre, déconnecté de toute formation à l'emploi, et de tout enseignement des sciences « modernes ». À la demande d'étudiants, et à l'initiative d'intellectuels progressistes, appartenant à l'élite marocaine, il y eut certes quelques tentatives pour y intégrer des cours de mathématiques, de cosmographie, d'astronomie appliquée, d'histoire et de géographie (Quaraouiyyine : Institut des sciences profanes 1923-1933). Mais elles restèrent sans lendemain, faute de professeurs et de matériel adaptés (Paye, 1957 : 395). Il convient de noter que l'éducation en sciences apparaissait alors sans débouchés pour les jeunes Marocains, qui trouvaient mieux à s'employer comme interprètes ou comme juristes dans le cadre du Protectorat.

Aucune institution de formation médicale ou paramédicale ne vit le jour sous le Protectorat ; pas plus qu'une formation d'ingénieurs (hors agriculture). Les établissements d'enseignement supérieur sont embryonnaires, et sans grande culture de recherche. Enfin, la formation d'étudiants dans les Ecoles ou Universités de métropole (ou dans celles d'autres pays étrangers), qui a pu constituer un appoint en d'autres pays du Maghreb se réduit ici à une très faible quantité. Au moment de l'Indépendance, le Maroc dispose à peine d'une centaine d'ingénieurs (dont moitié en agriculture), d'une vingtaine de médecins et de six pharmaciens [Laberge, 1987 : 194] ⁴.

3. L'inversion des pôles : montée en puissance de l'enseignement supérieur après l'Indépendance (1956-1986)

Or au moment de l'indépendance, la plupart des techniciens coloniaux quittent le pays. Le gouvernement marocain se retrouve donc en charge de toutes sortes d'infrastructures dont le fonctionnement est compromis par l'absence de cadres : qu'ils soient administratifs, scientifiques ou techniques. La grande affaire est donc d'assurer leur formation, accélérée et de qualité. C'est à l'*Université*, aussitôt créée, que la tâche est d'abord confiée. Le gouvernement national l'édifie (d'abord à Rabat) sur l'embryon d'enseignement supérieur hérité, qu'il étend prodigieusement. Dans un deuxième temps, un système national spécifique, dit de « formation des cadres », entreprend de servir les différents secteurs d'activités techniques (écoles de commerce et d'ingénierie) ; tandis que l'université s'élargit encore, et s'installe en de nombreuses villes du Maroc. Durant cette période, le dispositif de Centres et d'Instituts de recherche, précédemment existant, est entretenu (en grande partie avec l'aide de la coopération française), ou versé à l'université (cas des sciences naturelles, juridiques et sociales). Il perd en tous cas peu à peu le monopole de la production scientifique, au fur et à mesure que l'enseignement supérieur monte en puissance et se professionnalise.

3.1. L'université

Les temps forts de l'organisation de l'enseignement au Maroc, au lendemain de l'indépendance, sont la Commission royale de la Réforme de juin 1957, puis le Colloque de la Maâmora d'avril 1964 ⁵. Une Charte de l'éducation (avril 1966) traduit la politique arrêtée. La question de l'enseignement supérieur est abordée principalement sous l'angle de la nécessaire marocanisation des cadres ; certainement pas sous celui de la recherche. À cette époque, le gouvernement marocain, comme la plupart des États du Continent africain, montre peu d'intérêt pour la création scientifique. En ce domaine, il n'établit pas d'infrastructure

4. Selon Paule Laberge, le Maroc dispose à l'Indépendance exactement de dix-neuf médecins nationaux (sur les 587 exerçant) et de six pharmaciens (sur 348 en exercice).

nouvelle ; il maintient cependant les installations de recherche avec l'aide de la France, qui délègue des coopérants pour les faire fonctionner.

En 1957, l'Institut des hautes études marocaines (recherches en sciences humaines et sociales), le Centre d'études supérieures scientifiques et le Centre d'études juridiques sont fusionnés au sein d'une faculté des lettres. L'Institut scientifique chérifien (recherches en sciences naturelles) est intégré pour sa part à la Faculté des sciences. Les deux facultés forment l'université Mohamed V⁶. Celle-ci se coule dans les formes des institutions françaises homologues⁷. En attendant la relève, elle emploie nombre de coopérants français, qui y enseignent.

3.2. Les Grandes Ecoles

À la pénurie de cadres administratifs s'ajoute celle de cadres scientifiques et techniques. Tandis que le gouvernement, largement formé de littéraires et de juristes, se préoccupe surtout en 1957 d'organiser l'enseignement de base (et la formation de maîtres et d'administrateurs), une poignée d'ingénieurs diplômés en France, appelés à de hautes fonctions techniques, fait pression pour créer des Ecoles supérieures, sur le modèle qu'ils ont connu. Ils ne sont d'abord guère écoutés. Pourtant, quelques-uns⁸ se liguent pour pallier le manque de bacheliers scientifiques ; ils ouvrent une préparation à l'entrée dans de Grandes Ecoles techniques, qui recrute ses élèves en classe de seconde. Cette préparation devient elle-même deux ans plus tard, grâce à l'appui financier de l'Unesco, la première des écoles d'ingénieurs marocaines : *l'École Mohammedia des Ingénieurs* (mines, industrie, travaux publics) (Vermeren, 2000 : 303). En 1966 suit la création de l'Institut National *Hassan II* (École d'ingénieurs agricoles et vétérinaires). Si elles sont alors peu en vue, ces écoles deviendront prestigieuses. Elles serviront bientôt de nouveau modèle à la politique de formation supérieure.

5. Il y a été conclu à la nécessité d'unifier tous les systèmes au sein d'une même structure, d'arabiser le contenu des programmes, de marocaniser les cadres et de généraliser l'enseignement (au moment de l'indépendance, seulement 12 % des enfants âgés de 7-14 ans sont scolarisés). En résumé « L'objectif poursuivi était de faire dispenser, en langue arabe, par des maîtres nationaux, au plus grand nombre d'enfants possible, un enseignement dont les programmes et les horaires seraient unifiés ». Ces dispositions ont surtout concerné l'enseignement primaire, voir Moatassime A. (1978 : 22-34).

6. En 1962, y est ajoutée une faculté de médecine.

7. Ses diplômes, et la qualité de son enseignement sont dans un premier temps garantis par l'université de Bordeaux.

8. Parmi les plus en vue : Driss Amor (ingénieur chimiste, ministre de l'Industrie), Mohamed Berrada (ingénieur des télécommunications, ministre des Postes et télécommunications), Mohamed Douiri (polytechnicien, ingénieur des mines, ministre des Travaux publics) et Abraham Serfaty (ingénieur des Mines, directeur des Mines et de la Géologie) (Vermeren [2000], et témoignage d'Abraham SERFATY recueilli le 15 mars 2002 à Mohammedia, Maroc.

TABLEAU 3
Répartition des étudiants marocains par filières d'enseignement : années 1960

	Sciences	Médecine	Génie	Agronomie	Lettres et Droit
1964-1965	12 %	10 %	4 %	1 %	63 %
1969-1970	4 %	11,9 %	2,6 %	2 %	79,5 %

Source : Laberge (1987).

En effet, les années 1970 changent la donne. Dans les domaines littéraire et juridique, la marocanisation des cadres est un phénomène réel. On peut dire qu'une masse critique est en postes. Par contre, la pénurie de cadres techniques se fait d'autant plus sentir que les étudiants marocains montrent peu d'engouement pour les disciplines scientifiques (tableau 3). Le gouvernement doit à la fois répondre à une forte demande d'éducation, qui s'oriente vers les lettres, et aux besoins des grands services publics et d'une base industrielle qui s'élargit, réclamant d'autres compétences.

Il s'agit d'un dilemme. Le contexte économique et politique s'est fortement dégradé. Le Maroc pâtit de la baisse du prix des phosphates (sa principale exportation), et subit de plein fouet les chocs pétroliers. Il va bientôt être soumis aux contraintes de Plans d'ajustement structurels, imposés par le FMI et limitant les dépenses d'État.

En même temps, l'université s'est transformée en vaste foyer d'agitation. La création (dès 1957) d'un syndicat étudiant lié à l'opposition a fait d'elle le lieu privilégié d'expression des écartés du pouvoir (Vermeren, 1996). La question de l'enseignement est devenue en bloc sensible, et très politique. Lors du Colloque de la Maâmora, qui lui est consacré en 1964, un courant se dessine en faveur d'une arabisation-islamisation, qui s'oppose à la politique gouvernementale de bilinguisme (El Masslout, 1999). Lors du Colloque d'Ifrane, consacré à l'enseignement supérieur (1970), un « front national » saisit l'occasion pour se coaliser, appelant les étudiants au boycott des élections nationales. De 1965 à 1972, les ministres se succèdent, impuissants à maîtriser la contestation. La répression s'amplifie. En 1973-1974 les arrestations se multiplient et les syndicats sont dissous (Squali & Merrouni, 1981 : 143-146).

Dans ce contexte, le gouvernement opte pour la multiplication des facultés en province (voir annexe 1a), dotées de faibles moyens⁹. Mais il consacre véritablement ses efforts à créer de nouvelles « Écoles de Cadres », en dehors du milieu universitaire. Il s'agit de contourner les inconvénients propres à l'université. Les écoles sont sélectives à l'entrée et beaucoup plus densément enca-

9. Le décret du 16 octobre 1975 érige en autant d'universités les établissements supérieurs d'une même grande ville.

drées : elles seront moins politisées. Au nom des besoins de la communication scientifique, elles resteront des pôles d'enseignement bilingue. En outre, ce dispositif a la faveur des hauts cadres techniques, devenus puissants, qui ont été souvent formés à ce moule, et qui redoutent l'inexpérience opérationnelle des universitaires. Ils veulent avoir voix au chapitre des contenus d'enseignement. Ils voient aussi la possibilité de s'attacher vite et assez sûrement des cadres opérationnels pour leurs services, en pratiquant au sein des Ecoles une politique de bourses et de pré-recrutements. À partir des années 1970, des filières spécialisées (commerce, génies divers, eaux et forêts...) commencent à se mettre en place sous la tutelle de différents ministères (hors éducation nationale). Les aides provenant de Fonds de coopération, bilatéraux ou internationaux, sont dirigées préférentiellement vers cette nouvelle filière de formation. Le plan quinquennal de 1973-1977, qui encourage les investissements privés et cherche à moderniser les secteurs susceptibles de rapporter des devises, s'appuie sur ce dispositif pour former les cadres nécessaires à la réalisation des nouveaux projets de développement, agricoles et touristiques.

Ainsi que ce soit pour des raisons politiques, visant à séparer ces établissements de l'Université alors très agitée, ou par besoin de constituer des viviers captifs de compétences rares, le gouvernement privilégie le modèle des « Ecoles » précédemment peu considéré. Le nouveau secteur allait rapidement s'enrichir de nombreux instituts ou écoles supérieures, échappant au double risque de la massification et de l'arabisation (voir annexe 1b). C'est la grande particularité de l'enseignement supérieur marocain : pour déconnecter le secteur dit « de la formation des cadres » de l'Université, on rattache ses établissements à d'autres tutelles que l'Éducation nationale. La *dualité* ainsi construite dans l'enseignement supérieur prélude à une autre : celle qui s'établira *dans la recherche entre un secteur « académique » et un secteur « technologique »*, dès que les écoles commenceront à développer des travaux avec leur style propre de science.

4. Recherches académique et technologique : développements séparés

Avec les centres de recherche, puis l'université et les grandes écoles, nous avons mis en scène les principaux acteurs d'une recherche marocaine, qui allait prendre un puissant essor. Ce n'est pourtant pas d'abord avec grand soutien de l'État (même si ce dernier commence, dans les années 1970, à se laisser gagner à l'idée que le progrès scientifique est source de développement¹⁰). C'est plutôt du fait de dynamiques internes à des milieux professionnels. Il faut en distinguer deux principaux : celui des enseignants universitaires ; et celui des « technologues ».

10. Thème alors très répandu par l'Unesco.

TABEAU 4
Évolution du nombre d'étudiants et d'enseignants dans les établissements universitaires au Maroc (1955-2000)

Années universitaires	Nombre d'étudiants	Nombre d'enseignants marocains
1955-1956	1 687	0
1960-1961	5 117	172
1970-1971	14 808	488
1980-1981	86 844	2 490
1990-1991	206 725	6 437
1998-1999	249 253	9 867
2003-2004	277 428	10413

Source : ministère de l'Enseignement supérieur, site Web <http://www.dfc.gov.ma/>

4.1. Expansion et massification des universités (1980-1990) : la dynamique académique

Les universités nouvelles ont principalement vocation à l'enseignement ; et le gouvernement n'y stimule nullement la recherche. Mais la forte croissance des effectifs étudiants induit celle du corps enseignant. La situation n'est pas aisée pour les nouveaux recrutés. Dès leur arrivée, ils doivent assurer de nombreux cours pour des publics toujours plus nombreux. Cette charge pédagogique laisse peu de temps pour accomplir des travaux « personnels » – et la recherche est considérée sous cet angle par l'université, qui n'en a pas encore la culture. La massification n'est pas une illusion. Le nombre d'étudiants passe de 25 000 (en 1975) à 50 000 (en 1980), 100 000 en 1985 et 200 000 en 1990. Le réseau des universités marocaines s'étend (annexe 1a), l'université recrute (tableau 4).

En 1975 sont publiés des textes de loi pour la première fois tout consacrés à l'organisation de l'université¹¹. Ils dotent les enseignants chercheurs d'un statut. Une grille de rémunération spécifique conduit à augmenter leurs salaires. L'université mûrit. Elle se lance dans des formations de troisième cycle. Certains de ses enseignants commencent à concevoir la recherche comme part de leur mission. Malgré les circonstances adverses (et des financements institutionnels presque nuls), ils s'acharnent à développer des travaux originaux. Ils considèrent que c'est le propre des universitaires, ce qui les différencie de leurs

11. Les universités sont alors rassemblées sous la tutelle d'un ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique, créé en 1976, alors que les Ecoles d'Ingénieurs continuent quant à elles de dépendre des ministères techniques. Les établissements reçoivent une autonomie budgétaire ; et des conseils consultatifs élus sont prévus à différents niveaux. Ces dernières directives ne seront guère suivies d'effets.

collègues exerçant en d'autres degrés ; et que c'est la condition de tout enseignement digne du nom de supérieur. Ils sont aussi sans doute mus par la règle académique, qui subordonne (en principe) l'avancement dans la carrière à des réalisations de recherche.

Avec la pleine « marocanisation » (au courant des années 1980), et l'entrée en lice de nombreux jeunes enseignants, exposés à la recherche lors de leurs récentes études doctorales ou post-doctorales, la production devient très visible. Le rôle des coopérations est essentiel dans la « montée en puissance » observée. Mais comme, jusqu'alors, le gouvernement n'a pas affiché de priorités à l'égard de la recherche, les sujets traités dérivent largement du choix des chercheurs (ou plutôt des opportunités de financement extérieur qu'ils savent conquérir). Leurs auteurs les veulent pertinents. Toutefois, l'absence de coordination des activités de recherche en amont, le défaut d'évaluation en aval, le manque de financement national ont favorisé la naissance d'un esprit individualiste : c'est du moins le cas dans certaines disciplines (dans les sciences humaines et sociales en particulier).

Le regroupement de chercheurs ne pouvait obéir, en effet, qu'à des critères du moment ; guère au désir de durer de laboratoires non reconnus comme structures formelles ; ni à des stratégies d'établissement, sauf exceptions notables¹² ; et pas non plus à la poursuite de programmes nationaux, assujettis à une politique d'État qui se dessine aujourd'hui seulement. Les groupes de recherche qui se sont formés ont dû leur existence généralement à l'action personnelle d'un chercheur ou d'un professeur, parfois entouré d'une équipe réduite. Leur projet ne peut que difficilement entrer en complémentarité avec d'autres. Leurs moyens sont limités. Ils ne survivent très souvent que grâce à une coopération fondée sur les liens d'amitiés que leur directeur a liés avec son université européenne d'accueil, lors de sa thèse ; ou avec des partenaires de coopération scientifique bilatérale, lors de projets conjoints.

4.2. Amplification du secteur « technologique »

Hors université, deux types d'acteurs s'ajoutent au potentiel de recherche. Ce sont les centres spécialisés (principalement actifs dans les domaines de l'agriculture et de la santé) ; et les écoles nouvellement créées. Au début des années 1970, le premier secteur est stagnant. L'Institut Pasteur, qui avait connu des problèmes d'organisation, semblait en plein déclin dans les années 1980 (Laberge, 1987). L'Institut des pêches maritimes poursuivait depuis 1970 des activités plus commerciales que scientifiques. L'Institut national agronomique

12. Il est bien entendu des exceptions, plus nombreuses qu'on ne le dit ; les interviews de chercheurs auxquelles nous avons procédé (en particulier de chercheurs productifs sur la longue durée) font ressortir la ténacité d'équipes entretenant, à l'université, un projet de longue haleine ; tandis que plusieurs institutions (Hassan II, Mohammedia...) ont construit leur label sur la réputation de leurs recherches.

(INRA), fleuron colonial tombé en désuétude et dissous, est recréé en 1982 : mais il n'a plus vocation de planification et de coordination des recherches agricoles. C'est une modeste agence d'exécution, qui effectue des travaux de recherche appliquée et de développement à la demande de sa tutelle (le ministère de l'Agriculture, qui a sa propre direction de l'Enseignement agricole, de la Recherche et du Développement).

Le renouveau de la recherche vient d'ailleurs. C'est d'abord l'Institut agricole et vétérinaire Hassan II qui fait preuve d'initiative. Il jette un pont entre recherche de base et recherche action. Ses enseignants ont été recrutés parmi ses propres étudiants (les meilleurs), envoyés en formation doctorale aux États-Unis. Ils y ont été exposés à la recherche (une recherche « pour faire »), et l'Institut tient à ce qu'ils continuent de s'y consacrer à leur retour. Décentralisé, l'Institut s'implante dans 9 régions du pays. Il y conduit des travaux originaux qui en font vite la source principale de résultats scientifiques en matière agricole. Il adopte pour y parvenir une stratégie agressive de prospection des financements. Il s'appuie sur sa capacité de proposition de sujets pertinents, et sur la force de recherche que représentent les étudiants (tenus à des stages et mémoires). Dans ses zones d'expérimentation, il entretient un contact permanent avec le terrain, les paysans et les professionnels du développement agricole. Ces atouts lui valent d'intéresser tous les fonds d'aide internationaux, aussi bien que les responsables locaux. Les moyens affluent. La recherche sert de label de qualité à l'établissement, en même temps que de source de financement.

Ce modèle original fera des émules. C'est l'annonce de la construction d'un nouveau champ « technologique ». Il n'est pas « académique » (bien que l'institut qui le promeut ici se consacre à l'enseignement), en ce sens que la recherche conduite n'a pas pour enjeu central la promotion dans la carrière. Il a plus d'ampleur que la recherche appliquée des vieux instituts spécialisés ; car il inclut des travaux plus en amont, en même temps qu'une liaison directe avec les services de développement qui commencent de s'édifier dans les administrations et les entreprises.

La grande nouveauté est en effet que la plupart des ministères et quelques grandes entreprises publiques créent autour des années 1980 leurs propres centres de recherche-développement. *Quinze établissements de recherche, publics ou parapublics*, voient le jour principalement dans les domaines des mines, des phosphates, de l'énergie et des technologies nucléaires (voir annexe 2). Ils emploient des chercheurs à plein temps, souvent contractuels. Ces centres sont souvent mieux équipés que l'université, et mieux dotés en moyens de fonctionnement. On attend d'eux des résultats d'application plus sûre et plus immédiate qu'on ne l'exige de recherches exploratoires ou pédagogiques.

Il apparaît donc que d'un côté les quelques infrastructures coloniales héritées, transformées, réappropriées, enrichies, ont essentiellement servi de base à la création d'un enseignement supérieur universitaire national. Celui-ci, destiné à la formation des cadres administratifs a laissé – grâce à la forte volonté

des enseignants – se développer à sa marge une forte dynamique de recherche. D'un autre côté, l'État a appuyé la mise en place d'une recherche technologique, dans des instituts publics créés à cet effet. Il est clair que la définition du chercheur n'est pas la même dans les deux cas : le secteur des « Centres » réalise essentiellement des travaux de développement ; il emploie une majorité d'ingénieurs et de techniciens supérieurs. Le secteur universitaire réalise des recherches exploratoires, ou pédagogiques ; il occupe principalement des diplômés académiques disposant de maîtrises et désormais surtout de doctorats. Aujourd'hui la recherche marocaine se retrouve donc partagée entre deux styles de science, fleurissant dans des institutions séparées (annexe 3).

Est-il possible qu'un nouveau contexte les fasse converger ? Quel nouvel intérêt des chercheurs, quelles initiatives des autorités peuvent y contribuer ? Ce n'est pas une question d'école : mais celle que de récents développements obligent à se poser (voir chapitre suivant). C'est le nouveau paradoxe d'une recherche spontanément développée, brusque objet d'intentions régulatrices.

ANNEXE 1

Construction de l'enseignement supérieur au Maroc : 1956-1996

a) Les Universités

Date de création	Nom	Ville	Nombre d'étudiants	Nombre de chercheurs	Champ				Nombre Publis 97-01*
					Méd	Sc. N	Sc. I	SHS	
1956	Université Mohamed V	Rabat	43 721	2 271	+ (1962)	+	+ (1959)	+	446
1974	Université Hassan II	Casablanca, Mohammedia	46 349	1 916	+	+	+ (1990)	+	317
1975	Université Sidi Md Ben Abdellah	Fès	34 788	1 078	+ (1998)	+	+ (1995)	+	261
1978	Université Cadi Ayad	Marrakech, safi, Beni-Mellal, Errachidia	32 684	1 269	+ (1998)	+	+ (1990)	+	620
1978	Université Mohamed 1 ^{er}	Oujda	19 535	587		+	+ (1990)	+	152
1978	Université Ibn Tofail	Kénitra	8 707	405		+	+ (1990)	+	217
1978	Université Chouaib Doukkali	El Jadida	8 374	438		+	+ (1990)	+	226
1978	Université Moulay Ismaïl	Meknès	24 879	663		+	+	+	233
1982	Université Abdelmalek Saadi	Tétouan, Tanger	13 133	548 + 27		+	+ (1990)	+	114
1985	Université Ibn Zohr	Agadir	12 590	455 + 21		+	+ (1990)	+	216
1985	Université Hassan 1 ^{er}	Settat	4 491	189			+ (1990)	+	164
Chiffres en 1999	11		249 253	9 867					2 966

Méd, sciences médicales ; Sc. N, sciences naturelles ; Sc. I, sciences de l'ingénieur ; SHS, sciences humaines et sociales.

(*) Total de publications indexées pour la période 1997-2001, hors SHS et sciences médicales (Sources : Waast et Rossi, 2002).

b) « Les grandes écoles »

Date de création	Nom	Ville	Nombre d'étudiants en 1998	Nombre de chercheurs en 1998	Domaines			
					Agro., agric. forest.	Génie civil, chimique, élec., mines, industrie	Gestion et admin. (éco., droit, commerce)	Sciences de l'éduc.
1970	École nationale forestière des ingénieurs (ENFI)	Salé	111	23	+			
1963-1966	Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (IAV)	Rabat	1 560	328	+			
1945	École nationale d'agriculture de Meknès (ENAM)	Meknès	397	74	+		+	
1971	Institut supérieur de commerce et d'administration (ISCAE)	Casablanca	889	56			+	
1971	Institut national des postes et télécommunications (INPT)	Rabat	131	46			+	
1971	École Hassania des travaux publics (EHTP)	Casablanca	294	71		+		
1972	École nationale de l'industrie minérale (ENIM)	Rabat	258	83		+		
	École supérieure d'électricité et de mécanique (ENSEM)	Casablanca	347	69		+		
	École supérieure des industries textiles et d'habillement (ESITH)	Rabat	115	26		+		
	Institut national de statistique et d'économie appliquée (INSEA)	Rabat	159	50			+	
	Institut supérieur d'études maritimes (ISEM)	Rabat	128	20		+		
	École nationale d'architecture (ENA)	Rabat	395	13		+		
1978	8 Ecoles normales supérieures (ENS)	Casablanca Rabat, Fès, Tétouan, Marrakech	1 106	943				+
1985	École supérieures des sciences de l'information (ESI)	Rabat	348	20			+	
1950	École nationale d'administration (ENA, ex ENAP)	Rabat	48	41			+	
	Autres Écoles de cadres (hors S & T)						+	

Domaines : agro. = agronomie ; agri. = agriculture ; forest = foresterie ; élec. = électronique ; admin. = administration ; archi. = architecture, éduc. = éducation.

ANNEXE 2
Les centres de recherche

Date de création	Nom	Ville	Nombre de Chercheurs*	Domaines			Nombre Publis 1997-2001**
				Agro. ; Agri ; Forest.	Genie Civil, Chimique ; Elec., Mines ; Industrie	Sc. méd.	
1914	Institut national d'hygiène (INH)	Rabat				+	12
1914, 1932	Institut Pasteur (IP)	Casablanca, Tanger	136			+	25
1962, 1982	Institut National de recherche Agronomique (INRA-Maroc)	Rabat	135	+			56
1945	Institut national de recherche halieutique (INRH)	Casablanca					16
1946	Laboratoire public d'essais (LPEE)	Casablanca	435		+		32
1985	Centre national de l'énergie, des sciences et des techniques nucléaires (CNESTEN)	Rabat			+		8
	Centre de recherche et d'études démographiques (CERED)	Rabat	90				
Années 1990	Centre de développement des énergies renouvelables (CDER)	Rabat	90		+		5
Années 1990	Centre national de recherche forestière (CNRF)	Rabat	21	+			3
Années 1990	Bureau de recherche et de prospection minière (BRPM)	Rabat	17		+		9
1975	Centre d'études et de recherche sur les phosphates (CERPHOS)	Casablanca, Marrakech	817		+		9
1976, 1981, 2000	Centre national de recherche scientifique et technique (CNRST)	Rabat			+		12
Années 1990	Office national des eaux potables (ONEP)	Rabat	220		+		6
Années 1990	Office national de recherche et d'exploitation pétrolières (ONAREP)	Rabat			+		15

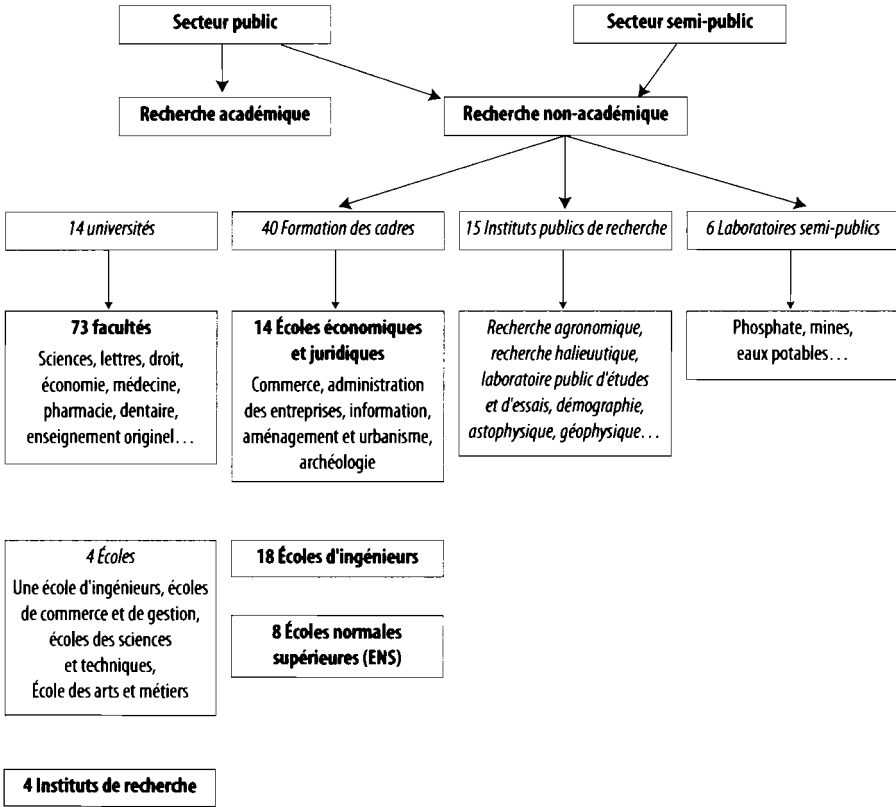
Agro. = agronomie ; agri. = agriculture ; forest = foresterie ; elec. = électronique ; pub. = publications .

(*) Données pour l'année 1998.

(**) Données pour la période 1997-2001 (bibliométrie, R. Waast et PL. Rossi).

ANNEXE 3

Styles de science et tutelle des principaux producteurs de science au Maroc



CHAPITRE 4

Le système de recherche marocain : précis d'organisation

MINA KLEICHE DRAY

Nous examinons ici l'organisation et les dynamiques actuelles de la recherche marocaine.

1. Le système de recherche

1.1. L'organisation d'ensemble et la coordination

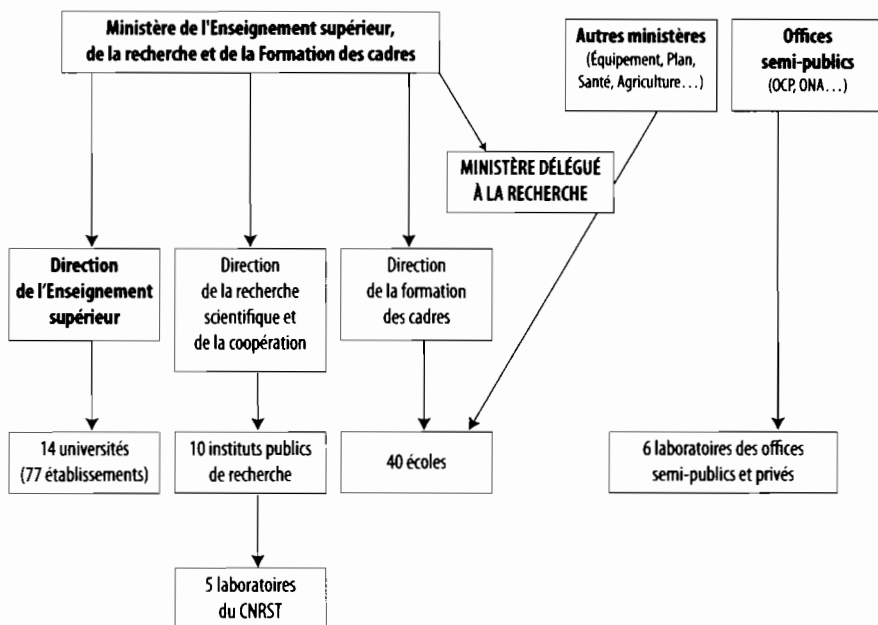
La recherche scientifique marocaine relève pour l'instant et principalement du *secteur public*.

Les établissements les plus productifs dépendent aujourd'hui d'un même grand ministère, regroupant (sous des directions distinctes) les universités, la formation des cadres (nombreuses écoles) et la recherche (15 instituts gouvernementaux spécialisés). D'autres établissements ne dépendent de lui que pour le recrutement et la gestion de leur personnel : leur budget et leurs programmes sont soumis à l'autorité d'un autre ministère (c'est le cas dans les importants domaines de l'agriculture et de la santé). Enfin, divers services et laboratoires relèvent d'un secteur para public : Offices et Sociétés de mise en valeur, qui les ont créés, et dont ils servent les besoins en recherche-développement (voir l'organigramme de la page suivante).

Le CNCPRST (Centre national de coordination et de planification de la recherche scientifique et technique)¹, créé à la fin des années 1970 pour impulser et coordonner les recherches dans l'ensemble du dispositif marocain, n'a jamais pu réellement jouer son rôle. Les diverses tutelles restent évidemment soucieuses de garder leur emprise sur les programmes, et sur les conditions de l'exercice professionnel dans les établissements de leur ressort. La fragmentation a été considérablement réduite avec la création en 1976 du grand ministère de l'Enseignement supérieur, de la Formation des cadres et de la Recherche : celui-ci intervenant de surcroît, à titre de tutelle secondaire, dans les établissements budgétisés en d'autres ministères. La toute récente avancée vers une politique nationale de la science a remis à l'ordre du jour la question

1. Devenu par la suite le Centre national de la recherche (CNR), et aujourd'hui le Centre national de la recherche scientifique et technique (CNRST).

Organisation et coordination des établissements destinés à la recherche scientifique au Maroc



d'une instance de coordination, susceptible de créer le consensus et de faire autorité. Il reste à en trouver la formule, et qu'elle fasse ses preuves.

1.2. Principaux lieux de production

L'absence de centralisation n'a pas entravé la dynamique des recherches (multi-polaire) évidente depuis deux décennies. Les bases de données bibliographiques fournissent à ce sujet d'intéressantes indications. C'est aussi le cas d'une importante enquête menée par le CNPCRST, qui a publié en 1995 un recensement des groupes de recherche actifs et de leurs membres².

Hors sciences humaines et sociales, la production indexée par une base internationale (Pascal, 1997-2001) s'élève en moyenne à 900 références annuelles. C'est la confirmation d'un bond en avant continu depuis plus de 15 ans. Cette production est imputable à quelque 700 laboratoires différents (même si certains sont particulièrement actifs : les scores s'étendent de 1 référence remarquable sur 5 ans, à 35 références). Ce sont les Universités qui apportent de loin la plus forte contribution : 83 % des articles répertoriés (mais on se souviendra que de telles bases privilégient la recherche académique – sans être fermées à celle « technologique »). Enfin, les apports sont très inégaux selon les institutions. Les Universités de première génération sont celles où la culture de recherche est la plus étendue (Rabat et Casablanca : 60 % des contributions). Dans les « jeunes Universités », la production est liée à des domaines particuliers, constitués autour de personnalités venues s'y établir. Certaines écoles d'ingénieurs font preuve d'une grande productivité (voir dans la troisième partie de ce livre : Rapports des experts européens qui ont visité leurs laboratoires).

Notre propre enquête (Gérard & Kleiche, 2002) permet d'ajouter un complément concernant les sciences humaines et sociales. Elles apparaissent moins structurées en laboratoires que les sciences exactes et naturelles. La production repose ici souvent sur des individus (dont quelques uns brillants, mais qui se préoccupent peu de faire école). Les quelques « points focaux » sont liés à un petit nombre de thèmes, abordés de manière exclusive par une discipline précise (État, Système politique, Travail, Développement...). Beaucoup de recherche se réalise néanmoins, de manière atomisée et peu visible, autour d'une multiplicité de thèmes abordés sous une variété d'angles disciplinaires (donc moins en « spécialistes » : Femme, Science...). Notre estimation est que la production est de l'ordre de celle des sciences naturelles (soit 20 % de la production totale du pays).

Ces résultats sont assez cohérents avec ceux de l'enquête CNPCRST, construite selon une méthodologie différente. Ce recensement répertorie 910 « unités et/ou équipes » de recherche, qui pour la plupart à l'époque (1995) n'avaient pas de statut officiel. 79 % de ces *groupes de fait* étaient regroupés à

2. Actualisé dans la mesure du possible, ce répertoire demeure une importante référence.

l'université (CNR, 1997). 20 % étaient attachés à des travaux de sciences humaines ou sociales³ (on retombe sur le nombre de 700 unités environ attachées aux autres sciences). La taille de ces groupes était éminemment variable (souvent plus petite en sciences humaines et sociales); et sans aucun doute leur composition (et même leur existence) ont pu varier depuis lors.

1.3. Les effectifs

On peut mesurer la capacité de recherche d'après le nombre de personnes qui par statut sont supposées s'y consacrer (*potentiel* théorique); ou bien en « *équivalent plein temps* » : temps de travail effectivement consacré à la recherche par les précédents. Il faut s'entourer de beaucoup de précautions pour rendre ces estimations réalistes⁴. L'intérêt de ces chiffres est surtout de permettre des comparaisons internationales.

En nombre de personnes, l'université possède le potentiel humain le plus important. Le nombre des enseignants chercheurs a été multiplié par 4 en deux décennies (et par 20 en trois décennies!). Ils sont aujourd'hui environ 10 000 soit plus de 65 % du potentiel total⁵. Il y aurait d'autre part environ 2 000 enseignants chercheurs employés par la Formation des cadres, et 3 000 chercheurs hors enseignement (Instituts gouvernementaux, firmes et offices industriels).

En équivalent plein temps les proportions diffèrent. Le passage aux équivalents plein temps repose évidemment sur des hypothèses. Il est clair qu'un enseignant n'est pas un chercheur à plein temps. La norme est dans les pays développés de considérer qu'il consacre à cette activité $\frac{1}{3}$ de son temps. Cette approximation est à réviser au cas par cas. Au Maroc, nombre d'enseignants ne font aucune recherche. C'est particulièrement vrai dans le secteur de la formation des cadres. En 1996-1997, la Direction de ce secteur estimait à 595 (sur plus de 2 000) le nombre des enseignants chercheurs qui assuraient à la fois des tâches pédagogiques et une activité de recherche. Pour simplifier, nous avons admis que l'équivalent plein temps était de $\frac{1}{6}$ à l'université, de $\frac{1}{6}$ dans la formation des cadres, et de $\frac{2}{3}$ dans le secteur « dédié » hors enseignement⁶.

3. On notera que 40 % des enseignants en poste relèvent de ces disciplines. Il faut donc conclure qu'ils s'adonnent moins à la recherche que leurs collègues d'autres domaines, ou de façon plus individuelle (le recensement du CNPCRST a identifié des groupes – même labiles, composés d'un professeur et de ses doctorants). Il est vrai que les charges pédagogiques sont particulièrement lourdes en sciences humaines et sociales, avec un taux d'encadrement des étudiants deux fois plus faible que dans les autres disciplines (72 % des étudiants pour 40 % des enseignants).

4. Encore ne disent elles rien de la productivité de chacun, ni du style de science dont il relève. C'est un autre sujet, que nous abordons plus loin (§ 1.5 : Production).

5. En juin 2000, le CNPCRST a recensé 14 522 chercheurs soit 0,5/1 000 habitants (aux USA 3,7; 3,8 en Israël; 2 dans l'Union européenne)

Moyennant quelques corrections de détail, à propos d'établissements dont l'activité de recherche exceptionnellement intense est documentée, il est possible de calculer une nouvelle répartition.

TABLEAU 5
Nombre de personnes théoriquement impliquées dans la recherche

	Sciences humaines et sociales	Sciences exactes et naturelles	Sciences médicales	Génie	Sciences agricoles	Total	% du potentiel
Université	3 700	4 100	1 200	700	300	10 000	66 %
Formation des Cadres	200	700	–	750	450	2 100	14 %
Hors enseignement	–	–	200	2 300	400	2 900	20 %
TOTAL	3 900	4 800	1 400	3 750	1 150	15 000	100 %

Source : Kleiche (2000).

TABLEAU 6
Nombre de chercheurs en équivalent plein temps

	Sciences humaines et sociales	Sciences exactes et naturelles	Sciences médicales	Génie	Sciences agricoles	Total (arrondi)	% des actifs
Université	950	1 050	350	175	100	2 600	52 %
Formation des Cadres	50	150	–	125	80	400	8 %
Hors enseignement	–	–	100	1 600	270	2 000	40 %
TOTAL	1 000	1 200	450	2 000	450	5 000	100 %

On peut donc évaluer la force de recherche à un peu plus de 5 000 personnes équivalent plein temps, dont moitié d'universitaires, environ 400 personnels de la formation des cadres, et 2 000 travailleurs scientifiques du secteur hors enseignement. 20 % s'attachent à des travaux de sciences humaines (éventuellement appliqués); 25 % à des recherches en sciences naturelles ou expérimentales : 8 % travaillent en sciences médicales et autant en agriculture. C'est le génie qui a la part du lion : 40 % du temps de travail disponible.

6. Ce ratio est lui-même discutable, car nombre des personnels répertoriés comme relevant de la « recherche » au sein de l'OCP, des entreprises minières, ou du Laboratoire d'études et d'essais des Travaux publics exécutent sans doute plus de tâches de service (analyses de routine) que de développement.

Les universitaires conduisent surtout des recherches en sciences exactes et en sciences sociales et humaines ; *très peu* en sciences de l'ingénieur⁷. Les enseignants qui exercent dans les établissements de la formation des cadres ont un style intermédiaire, relevant pour partie (disons moitié) de la recherche de base et pour moitié de l'ingénierie. Le plus grand nombre d'entre eux (943 soit 45 %) appartient aux huit écoles normales supérieures : ils excellent surtout en physique, chimie, et dans les génies correspondants.

Un nombre important de chercheurs appartient aux écoles d'agriculture (22,43 % du total, très actifs en matière de recherche appliquée). Enfin, le gros des effectifs hors enseignement relève d'entreprises semi-publiques (mines, phosphates, télécommunications...). Il s'agit principalement d'ingénieurs et de techniciens, qui réalisent des travaux de développement à la demande de leur employeur. Selon le MESFCRS, en 1997, 2 900 personnes étaient ainsi occupées, que nous équivalons à 2 000 chercheurs plein temps⁸.

Le nombre des chercheurs plus ou moins *actifs* est intermédiaire entre les deux évaluations. À l'université, il est grossi des doctorants (et en médecine des résidents) qui pour n'être pas chercheurs statutaires n'en sont pas moins productifs, lorsqu'ils appartiennent à des formations disposant d'une forte culture de recherche. En outre, même s'ils y consacrent un temps restreint, nombre d'enseignants (non pas tous, mais plus qu'il n'y semble en équivalent plein temps) font preuve d'intérêt et produisent des travaux à leur rythme. Il reste que ce nombre (dont témoignent les bases de données bibliographiques) demeure largement inférieur au *potentiel théorique*. On peut y voir un signe encourageant, en ce sens qu'il reste une réserve de chercheurs à mobiliser. On peut aussi s'en alarmer, et se demander ce qui retient certains de s'engager. Un élément de réponse tient peut être aux moyens financiers disponibles.

1.4. Financement de la recherche

En 2000, la dépense publique (hors salaires) consacrée à la recherche scientifique (investissements et fonctionnement) représentait officiellement 0,14 % du PIB (381,7 millions de DH). Le financement complémentaire apporté par le secteur privé est difficile à chiffrer : il se cantonne vraisemblablement à des dépenses *intra-muros* et à des achats d'ingénierie à l'étranger, beaucoup plus qu'il n'irrigue de contrats la recherche publique nationale.

La dotation des établissements d'enseignement supérieur couvre des dépenses sans rapport direct avec l'activité ; en l'occurrence, un complément de rémunération versé à tous les enseignants (pour compenser les gels de

7. Ils sont aussi les grands producteurs de résultats en matière de santé (biomédecine ou cliniques).

8. Au Maroc, on compte 8,6 ingénieurs pour 10 000 habitants (64 en France, 540 au Japon, 8,9 en Tunisie) dont plus de 40 % travaillent dans l'administration.

salaire), sans aucun rapport avec leur pratique de la recherche (bien que la prime porte ce nom) ; et le paiement des boursiers de 3^e cycle (qui certes apporte un supplément de forces vives, mais qui n'assure aucun moyen matériel au laboratoire d'accueil, pourtant mis davantage à contribution). 7 % de la dotation apparente reste donc pour le soutien des programmes proprement dit, c'est-à-dire pour l'achat de consommables, la maintenance des appareils, le déplacement à colloques et l'obtention de documentation – bref pour ce qui permet de réaliser des travaux au lieu de rester en chômage technique. Dans le secteur de la formation des cadres, et dans celui des Centres de recherche, les proportions sont différentes – pour des raisons comptables. En 1995, l'enquête du CNPRST estimait que la plupart des universités réservaient 12 à 15 % de leur budget de fonctionnement à « la recherche ». Une fois défalquées primes et bourses restaient 2 MDh pour le soutien des programmes. Il n'est pas douteux que l'État, portant davantage d'intérêt à la recherche « technologique », fait un effort de dotation relativement plus important pour les Centres de recherche (et les Ecoles d'ingénieurs).

Dans ce contexte, la production scientifique, notamment universitaire, apparaît remarquable : d'autant qu'elle ne fait que croître depuis deux décennies. Il n'est plus question d'imputer cet essor à la seule augmentation des effectifs (quasi stoppée).

1.5. La production scientifique

2 559 articles ou 2 798 « publications » (en incluant ouvrages et communications à Colloques) signés de Marocains ont été enregistrés par la base bibliographique Pascal entre 1991 et 1997⁹ ; soit une moyenne de 360 articles, ou 400 « publications » par an. Durant cette même période, la production a augmenté de plus de 66 %, dont plus de 100 % en sciences médicales et plus de 50 % en sciences exactes et de l'ingénieur. Elle est restée constante (en valeur absolue) en sciences agricoles. Cette expansion (forte et régulière) est à contre sens de ce qui se passe ailleurs sur le continent africain : les « Géants » en particulier régressent (l'Égypte un peu, l'Afrique du Sud sensiblement, le Nigeria de façon dramatique) ; et les autres pays, sauf exception, se maintiennent plus ou moins difficilement¹⁰. Le Maghreb fait exception, et le Maroc connaît la progression la plus forte. Il s'est hissé en 1997 au 3^e rang africain, ex aequo avec la Tunisie, le Kenya et le Nigeria, loin devant tous leurs suivants. Sa « part de marché » dans les publications du Continent est désormais de 7,5 %. Elle équivaut au quart de la production de l'Afrique du sud, et à près de moitié de la production égyptienne.

9. Dans le même temps, 2 788 articles ont été enregistrés par le SCI américain (Source Narvaez 1999).

10. La Tunisie, elle progresse, mais plus modérément que le Maroc : + 15 % en 7 ans.

TABEAU 7
La production scientifique marocaine. 1991-2001
Proportion des domaines scientifiques et Tendances au cours de la décennie

En pourcentage des articles publiés	Maroc 1991-1997	Maroc 1997	Maroc 1997-2001	Afrique du Nord	Afrique 1997
Sc agricoles	12 %	8 %	9 %	9 %	12 %
Biologie médicale	14 %	16 %	15 %	14,5 %	21 %
Clinique médicale	24 %	25 %	26 %	14,5 %	18 %
Autres biologie	9 %	6 %	4 %	8 %	13 %
Géosciences	9 %	6 %	7 %	6,5 %	10 %
Physique	14 %	18 %	17 %	13,5 %	7,5 %
Chimie	5 %	6 %	5 %	11,5 %	5 %
Math-Info	3 %	3 %	4 %	2,5 %	1,5 %
Sciences de l'ingénieur	10 %	10 %	13 %	20 %	12 %
Nombre annuel moyen de références	360	600	900		8 000

Source : Waast (2002) d'après la base Pascal.

Un pointage plus récent fait apparaître un nouveau bond en avant pour les années 1997-2000¹¹, avec des proportions sensiblement conservées entre les disciplines. On notera la part très forte des sciences médicales (41 %) au regard du « potentiel » théorique en ce domaine. S'il n'est pas exceptionnel pour l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Égypte), le pourcentage de 50 % de produits relevant des sciences de base ou de l'ingénieur l'est par contre au regard des performances habituelles au reste de l'Afrique francophone. Les sciences de base : mathématiques (un point très fort du Maroc), physique et chimie sont en particulier très actives, et en progression marquée.

La production est imputable à quelque 1 000 équipes ou laboratoires de recherche et à 7 000 auteurs (chercheurs « actifs ») : mais moitié ne signe qu'une publication en 4 ans. 5 % d'entre eux réalisent 25 % des contributions ; une centaine d'équipes fait publier plus de deux articles par an dans les revues mondiales influentes (celles retenues par les grandes bases bibliographiques). Ce score peut aller jusqu'à 10 (neurologie à Rabat, mathématiques à Marrakech...).

11. Un changement de méthodologie de Pascal (enregistrement de tous les auteurs d'une référence, au lieu du seul premier auteur) achevé en 1998, faisait attendre une augmentation mécanique de 30 % de la production annuelle. Elle est de 50 %.

1.6. Les coopérations

Les coopérations scientifiques expliquent sans aucun doute pour partie la progression régulière de la production scientifique marocaine. Environ 75 % des références enregistrées par la base bibliographique américaine (SCI) sont cosignées par des Marocains et par divers étrangers. Cette proportion tombe à 50 % dans la base Pascal, qui inclut des revues marocaines¹². La publication internationale, qui dévoile les coopérations, est importante en volume et progresse. Elle est dominée par la coopération scientifique avec des équipes françaises (de manière constante environ 80 % des articles cosignés)¹³. Depuis une décennie, la coopération américaine a décliné, tandis que certaine diversification se fait jour avec de nouvelles coopérations européennes. Le Maroc a remporté de notables succès, en association avec ces divers laboratoires, dans le cadre des Programmes européens INCO. Ceux-ci sont destinés à soutenir des projets de recherche conjoints entre pays d'Europe et du Sud, principalement dans les domaines de l'agriculture, de la santé, de l'environnement ; et depuis peu de l'urbanisme, des biotechnologies et des technologies avancées.

Les coopérations ont assuré la mise à jour théorique, le transfert de méthodes récentes, la formation de jeunes générations à la pointe des savoirs. Elles concernent particulièrement les sciences de base, et revêtent un style plutôt « académique ». C'est le cas des coopérations françaises, intenses depuis 1970. Ces dernières se sont d'abord focalisées sur la formation des enseignants chercheurs (de même que la coopération américaine, active à cette époque dans les domaines de l'agriculture et de l'ingénierie). Dans les années 1980, de nouveaux programmes français ont consisté en projets de recherche conjoints, avec un fort volet de formation et de transfert de méthodes. Ce sont les « PICS », gérés et financés par le Centre national de la recherche français (depuis 1982), puis les « PAI » (depuis 1983), financés par les ministères des deux pays. L'appel d'offres est adressé aux laboratoires, qui doivent se jumeler pour répondre. La sélection et l'évaluation (en cours et en fin de projet) sont assurées par un comité scientifique paritaire franco-marocain. Les domaines couverts sont ceux des sciences de base (PICS, PAI), et parfois des sciences appliquées (PRAD, dérivés des PAI pour l'agriculture ; santé).

Récemment, d'autres coopérations se sont instituées sur le même modèle, avec l'Espagne et le Portugal [Secrétariat d'État chargé de la Recherche scien-

12. Lorsque existent des revues locales, les marocains y publient généralement seuls. Lorsqu'ils veulent publier dans des revues internationales, ils s'allient à des équipes coopérantes étrangères. Symétriquement, il ne fait pas de doute que celles-ci publient seules, à l'occasion, dans des revues de leur pays.

13. Une enquête réalisée par le CNCPRST en 1996 révèle que sur 1 071 collaborations déclarées par des équipes marocaines avec l'étranger, plus de 80 % s'effectuent avec des partenaires français (dont 50 % dans le domaine agricole) (Secrétariat d'État chargé de la Recherche scientifique, 1998).

tifique, 2000]. Le Maroc se préoccupe de diversifier les formules d'association et les pays partenaires (jumelage avec des « régions scientifiques européennes », comme le Languedoc ; dispositifs plus axés sur la recherche « technologique », autour de « pôles marocains de compétence » plus que de laboratoires...). La coopération française collabore à ce changement d'optique. Mais la démarche est prudente, et n'annule en rien les anciens programmes. Ceux-ci sont sans doute moins financés (de 1996 à 2001, les subventions françaises ont diminué de 17 %) ; mais ils continuent de fournir la masse des produits (mesurée aux cosignatures d'articles, la coopération scientifique française en 1995-2000 s'accroît au Maroc, plus vite que partout en Afrique) [Waaat, 2001].

Le bond en avant observé dans la production scientifique marocaine est donc largement tributaire des coopérations internationales. Inaugurées à l'échelle des personnes ou des laboratoires, ces coopérations sont robustes. Le fait nouveau est que le gouvernement se préoccupe aujourd'hui de les amplifier, et d'en faire part intégrante de sa nouvelle politique en matière de sciences et techniques.

1.7. Recherche Développement : le maillon faible du dispositif marocain ?

Même si la recherche de base constitue le gros des activités, il existe quelques laboratoires de recherche appliquée (souvent hors université) qui ont des résultats. Les années 1990 ont imposé un contexte d'économie de marché, plus compétitive dans la perspective de l'association à l'espace économique européen. Elles ont porté au premier plan l'exigence d'innovations, pour aboutir à des produits de qualité et à une amélioration des process. On attend de la recherche qu'elle se tourne vers ces préoccupations ; et de ses établissements qu'ils montrent un esprit entrepreneurial. Nous avons indiqué que les années 1980 et 1990 ont vu l'amplification du secteur de la recherche « technologique » (naissance et croissance de centres de recherche développement dans la grande industrie, et de centres de recherche appliquée en secteur public). De grandes écoles (et quelques centres universitaires) ont emboîté le pas. Certains parviennent à collecter de notables ressources propres, tirées de la vente de leur expertise.

C'est le cas dans les domaines de l'agroalimentaire, des hydrocarbures, de la chimie, de l'énergie et des recherches minières. Des conglomerats d'institutions se dessinent de la sorte, incluant des écoles, des Instituts de recherche appliquée et des Centres de recherche-développement, susceptibles d'évoluer en « pôles technologiques ». Ils développent en tout cas une nouvelle culture de recherche, dont l'esprit de réalisation se distingue de celui de la science académique. Leurs travaux ne sont pas intégrés dans un plan d'ensemble mais orientés de manière autonome, selon les besoins exprimés par les entreprises, la branche ou le secteur dont ils relèvent.

Le mouvement est d'importance. Mais il est loin d'être général. Le tissu industriel est en effet dominé par les PME, usant de technologies « mûres » et

misant sur une main d'œuvre peu qualifiée et bon marché. Ce secteur est peu préoccupé de renouveler techniques et savoir faire. Une enquête faite en 1997 par le ministère de l'Industrie a montré d'autre part que sur 500 grandes *entreprises*, 100 ont réalisé des activités de R & D ou fait appel à la sous-traitance locale. Trois types d'activité ont composé l'essentiel de cette R & D : le développement expérimental (55 %), la recherche appliquée (42 %), et la recherche fondamentale (3 %). Le montant global des dépenses s'élevait à 56 millions de dirhams [MESFCRS, 1999 : 16]. Au regard des normes internationales (100 de développement, pour 10 de recherche appliquée et un de recherche fondamentale), c'est le développement expérimental qui est ici sous-dimensionné. Surtout, et pour l'heure, les entreprises externalisent massivement leur besoin d'ingénierie. Les investisseurs font le plus souvent appel à des technologies clés en main, à la fabrication sous licence, au dépannage par des experts étrangers. Ces pratiques s'exercent au détriment d'un appel aux services locaux jugés peu fiables ou lents, qu'il s'agisse de la recherche ou de l'ingénierie nationale.

L'insignifiance de l'ingénierie locale est en rapport dialectique avec l'insignifiance des recours qui lui sont adressés. En 1997, 468 brevets ont été déposés à l'Office marocain de la propriété industrielle (OMPI). 25 % d'entre eux ont été déposés par des nationaux dont 10 (1 sur 50) par des universitaires (souvent à titre individuel). 115 de ces brevets concernent le traitement de l'eau [MESFCRS, 1999 : 19]. Sauf programmes particuliers (PRAD franco-marocains en agriculture, programmes européens MEDA...), la coopération inter-universitaire avec les pays du Nord n'est guère tournée vers le développement¹⁴. Ses résultats sont rarement appliqués et les dépôts de brevets presque inexistant. La synergie reste à initier, inciter, structurer, entre les chercheurs, les laboratoires et le monde de la production.

Le recours aux transferts de technologie a été justifié par la nécessité de mettre en place dans les plus brefs délais une base industrielle fonctionnelle. La préoccupation de promouvoir les capacités techniques nationales ne pouvait être que secondaire. Or la situation a changé. Le poids de la dette, la crise énergétique, les contraintes d'ajustement structurel font paraître lourde la facture des importations d'ingénierie, que l'exigence de compétitivité fait croître. Elle représenterait 4 milliards de dirhams : la moitié de la facture pétrolière. L'ingénierie marocaine ne couvre que 15 % des besoins. Mais ce ratio varie selon les secteurs. Il est de près de 100 % dans le secteur du bâtiment, de près de 90 % dans la grande hydraulique, et quasi nul en matière de génie industriel. Au total, c'est 1,6 % du PIB qui est dépensé à l'extérieur en devises, dont partie devrait pouvoir

14. Une enquête réalisée en 1996 par la direction de la Recherche scientifique du MESFCRS a montré que sur les 96 Programmes d'actions intégrées (PAI = programmes de recherche en coopération avec des établissements universitaires français) très peu ont mené à la production de brevets. Seulement 4 brevets ont été déposés dans ce cadre, pour l'essentiel en chimie. Cf. S. Belcadi (1996 : 148).

être économisée. Le besoin d'une recherche « orientée », aidant à moderniser un appareil national de production parfois vieillot¹⁵, est désormais identifié dans plusieurs milieux gouvernementaux. Ce souci rejoint celui de cercles d'industriels novateurs. Une demande nouvelle de recherche technologique se fait jour, qui s'adresse en priorité au secteur « non universitaire ».

1.8. La recherche universitaire : enfermée dans sa tour d'ivoire ?

D'aucuns souhaiteraient y associer l'Université, qui dispose du plus grand potentiel chercheur. Sur ce plan comme sur d'autres, elle est soumise au feu des critiques. On avait d'abord attendu d'elle qu'elle forme des cadres administratifs, et qu'elle pourvoie à la reproduction de ses enseignants. Ce qui fut fait. Mais l'État ne recrute pratiquement plus. Les diplômés chômeurs se multiplient. On s'aperçoit que les profils de formation ne correspondent plus aux offres d'emploi. Faut-il repenser les cursus ? Les compétences enseignantes les permettent elles ? Depuis 1990, des filières professionnalisantes se sont développées : licences appliquées ; facultés de Sciences et Techniques ; écoles supérieures de Technologie ; écoles nationales incluses dans les facultés (commerce et gestion, sciences appliquées, arts et métiers). L'ensemble de ces formations n'accueille encore que 4 % des étudiants. Mais on attend beaucoup de l'expérience, sur le plan d'un rapprochement avec le secteur productif.

Cette révision des missions de l'université pose la question de savoir si la recherche qu'elle conduit peut et doit être réorientée à son tour. Se développe-t-elle (et comment ?) dans les nouvelles formations ? Quel parti tirer de travaux académiques, activement conduits dans les formations plus classiques ? Un vif débat se poursuit à ce sujet. Une rhétorique s'est déployée, qui s'appuie sur l'idée que le monde de la recherche est extérieur à la société, et qui se plaint de la quasi absence d'applications. Réformistes et néo libéraux s'accordent sur ce thème. Complètement tournée vers le Nord, la recherche universitaire marocaine s'attacherait à des sujets trop rarement liés à des préoccupations immédiates, locales ou nationales (excepté dans le domaine de la médecine). L'enseignant est coupé de son environnement économique et social. Par statut, il n'a aucun compte à rendre à l'administration sur ses travaux de recherche. Ceux-ci ne sont que peu liés à la vie des établissements. L'activité est mal structurée : si le responsable de l'opération, pour une raison ou une autre, venait à disparaître, l'action ne pourrait continuer.

Pour leur part, les chercheurs protestent de leur bonne volonté. Mais ils se plaignent de l'indifférence des industriels et du gouvernement. Le phénomène

15. L'industrie marocaine s'est spécialisée soit dans des filières banales (textile, cuir, agro-alimentaire d'exportation), soit dans la production de matériaux de construction et de biens de consommation à faible valeur ajoutée, soit dans des activités extractives et dérivées (phosphate)

assez récent d'absence de recrutement de nouveaux enseignants se combine maintenant au départ de certains d'entre eux pour les pays du Nord. Ceux qui restent se disent démotivés, en constatant que lorsqu'ils ont consacré 4 ou 5 ans à former un étudiant de qualité, ils le voient souvent s'expatrier, ou dans le pire cas participer aux *sit in* de diplômés chômeurs protestant devant le ministère de l'Enseignement supérieur.

Le fait est que la faiblesse des moyens financiers et l'insuffisance des infrastructures poussent les universitaires à s'orienter vers une recherche sans équipement. En mathématique, en physique, en biologie c'est surtout de la recherche *théorique* qui se développe car non tributaire d'un matériel lourd. La recherche expérimentale est peu représentée. En outre, les chercheurs marocains ont un accès difficile à l'information récente dont ils auraient besoin. La faiblesse des moyens budgétaires ne leur donne pas la possibilité de s'abonner régulièrement à des périodiques majeurs. Il leur faut souvent faire appel à des étrangers de leur connaissance, qui sélectionnent pour eux des articles et qui les leur envoient. L'éparpillement des sources au niveau local ne facilite pas non plus l'accès aux résultats de la recherche nationale. Le bénéfice direct de ce type de recherche est peut-être le maintien de l'enseignant à jour dans sa discipline et dans son domaine. C'est donc la qualité de son enseignement, qui en serait principalement améliorée. Il assure aussi la participation à des réseaux d'excellence à travers le monde : potentiel important, qui reste à exploiter.

La dispersion de la communauté scientifique, le manque de plan d'ensemble et l'absence d'évaluation des activités de recherche, traduisant un défaut de politique nationale, ont assurément marginalisé la recherche académique par rapport au processus de développement du pays. C'est ce paysage qui est en train de changer. Et c'est ce que nous allons voir maintenant.

2. Initiatives et nouveaux défis

Si le projet de relier la recherche académique au développement a commencé à se dessiner dès le début des années 1990, il aura fallu une tempête politique pour qu'il prenne consistance. C'est avec le gouvernement d'alternance, lié à un profond changement d'esprit et de rapports de force, que se construit, à partir de 1998, une politique de recherche scientifique à l'échelle nationale.

2.1. La reprise d'initiative gouvernementale

Un Secrétariat d'État à la recherche a été pour la première fois créé. Il est rattaché à un grand ministère, qui dans son intention *unifie le champ* : celui de l'enseignement supérieur, de la recherche et de la formation des cadres. Son titulaire, Monsieur Zerouali, déclarait alors : « [à l'issue de la décennie écoulée]... il y avait une recherche au Maroc, mais c'était une recherche essentiellement basée sur l'initiative personnelle. De ce fait elle était totalement atomisée, et d'autre part ses résultats ne se traduisaient pas sur le terrain.

Résultat : elle n'était pas appliquée et n'était pas applicable¹⁶. » L'aphorisme résume la perception de la situation par des autorités soucieuses, pour la première fois, de s'intéresser à cette recherche ; et de la gouverner. La tâche est complexe, du fait du cloisonnement entre institutions d'histoire et de tutelle différentes ; du fait aussi de la double tradition de recherche, académique ou tournée vers le développement.

DIRECTION ET COORDINATION

Un important travail de création institutionnelle a été réalisé :

- Une loi a réorganisé l'enseignement supérieur¹⁷. Elle comporte plusieurs mesures incitant à la recherche enseignants et établissements (avantages de carrière, intéressement aux résultats, dotation des universités partiellement liée à l'ampleur de leurs formations doctorales...).
- Un *Comité supérieur de la Recherche scientifique*, est chargé tout à la fois de *proposer une politique nationale*, et de se préoccuper de marchés pour la recherche.
- Une *Fondation nationale de la Recherche* doit assurer le financement des projets et programmes prioritaires. Elle est chargée de gérer un *Fonds national de la Recherche*, autre création sur laquelle nous reviendrons.
- En outre, une culture nouvelle commence d'être introduite, avec la constitution de *Commissions d'évaluation* disciplinaires. Elles sont liées à la mise en œuvre des *Programmes nationaux* prioritaires. Elles ont eu d'importantes occasions de rôder leurs pratiques et de tâcher d'imposer leur légitimité : d'abord en sélectionnant les formations universitaires habilitées à préparer au Doctorat¹⁸ ; ensuite en siégeant pour apprécier les propositions reçues en réponse à des appels d'offre ministériels (PARS, PROTARS).

Ces nouveaux organes directeurs ont d'abord été créés dans le périmètre du ministère des Universités de la Formation des Cadres et de la Recherche. Ils concernent les établissements qui relèvent, à titre principal ou secondaire, de sa tutelle. Mais ils ont vocation plus large. Décidé à promouvoir une recherche scientifique « *intégrée* »¹⁹ le gouvernement vient en outre d'instituer un *Comité Interministériel de la Recherche scientifique et du Développement technologique*. L'initiative et la planification lui appartiennent en dernière instance.

16. Interview accordée à un journaliste du quotidien marocain *Libération*, le 7 décembre 1999.

17. Loi n° 01-00, promulguée par le Dahir n° 1-00-199 du 15 safar 1421 : 19 mai 2000.

18. Les Unités de formation et de recherche : « UFR », en nombre restreint depuis la réforme du Troisième Cycle en 1997.

19. Intervention de Monsieur le Premier ministre, Abderrahman Youssoufi, in *Actes de la Rencontre nationale, Recherche scientifique et Développement*, Rabat, 13-14 avril 2001, p. 11.

Reste à clarifier les fonctions de structures précédentes, aux prérogatives voisines et non abolies. Ainsi de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, créée par dahir en 1993, ou du CNRST²⁰, dont les missions risquent de se chevaucher. Certes, leurs fonctions d'orientation sont en friche et leurs organes en sommeil. Une mise à jour finira toutefois par être nécessaire.

Reste aussi à faire le lien avec les opérateurs de recherche assujettis à différentes tutelles ministérielles (agriculture, santé, mines...). Mais l'impulsion est générale.

- Le puissant ministère de l'Agriculture (et d'autres à sa suite) reconsidère de fond en comble son dispositif. Des Assises de la recherche agricole ont été tenues en 2001. Et la direction de l'Enseignement, de la Recherche et du Développement agricole est en grande concertation avec ses établissements (Institut national de recherche agronomique – agence spécialisée employant des chercheurs à plein temps –, Institut Hassan II – qui a statut universitaire –, autres Ecoles de formation d'ingénieurs et services de vulgarisation). Il s'agit de dessiner un projet de réorganisation, intégrant formation recherche et diffusion, en ligne avec la nouvelle politique gouvernementale, et en articulation avec le dispositif du ministère de l'Enseignement supérieur.

2.2. La stratégie

Le Secrétariat d'État à la recherche met en œuvre pour sa part la politique d'ensemble. Il se charge de coordonner et de consolider les activités de la recherche scientifique au Maroc. Il s'y est employé vigoureusement suivant une triple stratégie : inciter, structurer, orienter les activités.

INCITER

Il s'agit tout d'abord pour le gouvernement de rendre la recherche plus attractive. Pour y intéresser davantage les enseignants-chercheurs, depuis la réforme du troisième cycle d'études supérieures (1997)²¹, il a été décidé que leur avancement professionnel tiendrait plus (même si ceci existait en partie dans les textes de 1975) compte de leurs publications (y compris pour changer d'échelon). Ainsi s'ouvre, pour la première fois, la possibilité d'une évolution des carrières à deux vitesses.

20. Ils ont tout les deux pour rôle de coordonner et de planifier la recherche, avec peut-être un rôle plus consultatif pour l'Académie et un rôle plus opérationnel pour le CNRST. *Ces fonctions ont effectivement été précisées et réactivées post Évaluation (en 2004).*

21. Voir le décret n° 2-96-796 du 11 Chaoual 1417 (19 février 1997) fixant le régime des études et examens en vue de l'obtention du Doctorat, du diplôme d'Études supérieures approfondies (DESA) et du diplôme d'Études supérieures spécialisées (DESS) ainsi que les conditions et modalités d'accréditation des établissements universitaires autorisés à assurer la préparation et la délivrance de ces diplômes.

La Loi réformant l'enseignement supérieur autorise désormais les universités à utiliser certaines de leurs recettes propres. Ces recettes sont celles qui proviennent des travaux de recherche et de prestation de services. Elles sont destinées à servir des *indemnités complémentaires* à ceux qui y ont contribué, à titre d'encouragement et d'émulation. Par cette réforme le gouvernement entend récompenser l'activité des chercheurs, et souhaite lui donner une forte impulsion ²².

Les établissements sont également incités à s'intéresser à la recherche dans leurs murs. La dotation de chaque université est maintenant complétée par une enveloppe intitulée « Promotion de la recherche scientifique » ²³. Celle-ci est attribuée aux UFR accréditées en fonction du nombre des étudiants de 3^e cycle, et des enseignants chercheurs qui y exercent. Elle apporte des moyens de fonctionnement à proportion des personnes engagées dans les programmes, et sert en partie à appuyer la publication scientifique.

Par ailleurs, les Centres de recherche ont acquis la possibilité de recruter sur contrat de jeunes chercheurs. Ceux-ci peuvent y espérer plus d'initiative, et de meilleures perspectives de carrière que dans l'université, dont les recrutements sont rares et où les grades élevés ou moyens sont occupés par leurs aînés, pour longtemps encore.

Le financement de la recherche (en particulier universitaire) a été clarifié, stabilisé. Dorénavant figure dans la dotation de chaque université une ligne budgétaire réservée à la « recherche scientifique ». Elle ne peut être convertie en autre type de dépenses. Cette disposition évite que le soutien des programmes ne se dissolve en primes, bourses, dépenses pédagogiques, ou entretien des locaux, tous postes confondus au sein d'un budget de fonctionnement dont les responsables ne rendent pas nécessairement des arbitrages favorables à la pratique de la recherche. De 20 millions de dirhams en 1995 (2 millions d'euros environ), cette dotation est passée à 45 millions de dirhams depuis 1998. D'autres lignes sont inscrites au budget national et contribuent au soutien direct des activités : 10 millions de dirhams au titre de « subvention aux organismes scientifiques » ; 20 millions représentant la contribution du Maroc à des actions de coopération (financées de surcroît par les pays partenaires) ; 10 millions correspondant à des bourses de 3^e cycle (dont les bénéficiaires sont à disposition des laboratoires). Cette nouvelle modalité devrait être redoublée par d'autres mécanismes, dont le principe institutionnel est retenu, et dont la mise en route devrait intervenir prochainement. En particulier, la création d'un *Fonds national de la recherche* est prévue depuis 1998. Ce fonds devrait être alimenté par des subventions de l'État, par des entreprises publiques ou privées, et par la coopération internationale. La contri-

22. Voir interview de Driss Khalil, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Formation des cadres : « l'Université : une réforme à l'étude pour l'efficacité », *l'Économiste*, n° 195.

bution gouvernementale vient d'être inscrite dans la loi de finances de l'année 2002. Compte tenu des fonds compétitifs (qui ne leur sont pas réservés, mais où elles émergent largement), les équipes universitaires ont accès à un budget de soutien des programmes qui a sans doute plus que doublé en 3 ans, et qui a le mérite d'être explicite.

STRUCTURER LA RECHERCHE

Créations des UFR

La réforme du troisième cycle des études supérieures a créé un doctorat unique, et des Unités de formation et de recherche (UFR) accréditées pour le préparer. Leur habilitation est prononcée pour une durée de deux ans, renouvelable après évaluation. Elles ont la charge de concevoir et de conduire des travaux de recherche, auxquels sont associés, pour réaliser leur thèse, les candidats au doctorat ou au DESA.

Organisation de Pôles de Compétences

Des réseaux thématiques ou pôles de compétence ont été constitués, pour assurer des synergies entre chercheurs travaillant sur les mêmes thèmes, dans des unités de recherche structurées. Cinq réseaux thématiques (physique des particules, sciences et techniques de la mer, sciences et techniques de l'espace, biotechnologies, amélioration de la qualité des produits et process) sont aujourd'hui identifiés comme pôles de compétence²⁴.

Organismes d'appui à la recherche

Le réseau informatique MARWAN devrait permettre aux acteurs économiques et aux chercheurs de communiquer entre eux, et d'accéder à des informations scientifiques et techniques triées selon leurs besoins.

L'Institut marocain de l'information scientifique et technique (l'IMIST) sera chargé de collecter auprès des acteurs nationaux (chercheurs et institutions) les produits de leur création (ouvrages, articles, thèses, actes de colloques, de séminaires). Il devra aussi acquérir et mettre à la disposition de la communauté scientifique les ouvrages et les publications nécessaires à la réalisation de ses travaux (par achat ou par échange).

ORIENTER LA RECHERCHE

Le ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur organise désormais des appels d'offre. Une première opération appelée PARS (Programme

23. Au titre de l'année universitaire 1998-1999, cette contribution financière a été de l'ordre de 3,5 millions de dirhams et au titre de l'année 1999-2000 de l'ordre de 13,5 millions de dirhams.

24. Une quinzaine en 2005.

d'appui à la recherche scientifique) a été lancée en 1998 pour soutenir la recherche de base. Avec une enveloppe budgétaire de 37 millions de dirhams (3,7 M €) pour 3 ans, elle a financé 227 projets sur les 713 déposés²⁵. Elle a permis de connaître les sujets d'intérêt spontanément déclarés par la communauté scientifique, d'identifier de jeunes équipes, et d'imaginer de futurs programmes thématiques avec la certitude que les forces existeraient pour les aborder.

Sur cette base ont été identifiés six Programmes *thématiques* d'appui à la recherche scientifique (PROTARS), plus orientés. Avec une enveloppe de 55 M DH (soit 5,5 M €), ils ont permis en deux fois de financer un total de 516 nouveaux projets. Les PROTARS financent des propositions émanant de groupes de chercheurs qui peuvent appartenir aussi bien aux établissements universitaires qu'aux autres instituts et laboratoires de recherche publics. Un premier appel à propositions auprès de la communauté scientifique a donné priorité (en 1999-2000) aux problèmes de qualité des produits industriels, aux sciences et techniques de l'eau, à celles de l'espace, aux biotechnologies et à la physique des particules. En 2001, six nouveaux programmes thématiques ont été lancés, concernant la qualité de la vie, les ressources naturelles, le développement économique et social, les sciences et techniques de l'information, l'agriculture en conditions difficiles, l'innovation et la compétitivité des entreprises.

À travers ces programmes, le Secrétariat d'État cherche à diversifier et à multiplier les collaborations entre établissements, entre styles de science et mondes différents (l'entreprise et la recherche). Un nouvel élan pourrait en résulter. L'un des traits notables est que les dispositifs de soutien ne sont pas réservés à l'un ou l'autre des secteurs (universitaire ou « technologique » : écoles et centres de recherche). L'un et l'autre sont éligibles dans les divers programmes. Certaines institutions (l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, l'École Mohammadia...) ont déjà su construire des ponts entre recherche de base et application, entre cultures académiques et de réalisation, entre secteur productif et secteurs divers de la recherche. Les résistances n'en sont pas moins tenaces, et nombre de corporatismes demeurent.

2.3. Relier la recherche à l'industrie locale

La nouvelle politique de recherche se bâtit à des rythmes, et à partir de centres d'initiative divers. De façon pragmatique, on s'est gardé de créer d'abord des

25. Des commissions d'experts par grands domaines disciplinaires ont évalué ces projets sur la base de leur qualité scientifique, de leur faisabilité, mais aussi sur des critères de « structuration » : pluridisciplinarité, programmation pluriannuelle, travail de groupe en UFR ou en réseaux, association dans le cadre de coopérations internationales, partenariat avec le monde productif et cofinancements.

organes directeurs nationaux. Ceux-ci naissent à peine : ils n'en ont que plus de chances d'être effectifs. Mais lorsqu'on vient au chapitre des orientations et des sujets à traiter, les options de différentes tutelles peuvent diverger.

Dégager des axes prioritaires a été le souci du *Plan quinquennal 2000-2004*. Il prévoit sur 5 ans, dans le domaine de la recherche scientifique, un investissement notable de 567,8 millions de dirhams. Les objectifs durant cette période seront *d'intégrer la recherche scientifique et technique aux préoccupations des opérateurs socio-économiques*. Les entreprises sont encouragées à créer des filiales de recherche ou à prendre des participations dans des sociétés de ce genre. Elles ont ainsi la possibilité de consacrer 20 % de leur résultat au financement d'activités de recherche-développement, exonérés d'impôts, et dans certains cas cela leur a même été imposé. Ainsi, 1 % du chiffre d'affaires doit être consacré à la recherche dans le domaine des télécommunications.

Les secteurs déclarés prioritaires sont : l'agriculture, la santé, la pêche, la forêt, l'habitat, l'eau potable, la géologie, les mines, l'énergie, l'environnement, les technologies de l'information et de la communication, le transport. Cette approche souligne la nécessité d'une véritable coordination institutionnelle, autorisant les synergies entre opérateurs autour d'objectifs socio-économiques prioritaires. Ceux-ci requièrent en général l'intervention conjointe de plusieurs disciplines et de plusieurs instituts. Le souci d'une bonne alimentation par exemple (avec ses dimensions agricole, industrielle, nutritionnelle ou sanitaire) se décline en sujets de recherche nécessitant le recours à des compétences dispersées au sein de plusieurs universités, mais aussi de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), de l'Institut national de la recherche halieutique (INRH), de l'Institut Pasteur (IP), de l'Institut national d'hygiène (INH)... tous sous tutelle de différents départements ministériels.

Le Secrétariat d'État est à l'épicentre des réalisations. Les thèmes choisis pour ces PROTARS s'approchent au plus près des priorités définies par le Plan. Nombre de ministères sont disposés à suivre une même politique de Programmes. Le défi tient à l'état du champ, dont la fragmentation présente toujours une forte inertie : non seulement entre tutelles (leur convergence reste à confirmer) ; mais entre institutions, et entre disciplines dans chaque institution. À titre d'exemple, et sous la houlette d'une seule autorité (le ministère de la Santé), le projet de réunir les instituts et laboratoires relevant de sa tutelle dans un Institut de recherches et d'expertise en sciences de la santé existe depuis 1995 ; mais il n'a toujours pas vu le jour.

À l'image des grandes écoles, certaines universités prennent toutefois l'initiative. C'est le cas de la faculté des sciences de Marrakech, qui a mis en place une structure destinée à valoriser les travaux universitaires, et un « incubateur ». Ce dispositif aide de jeunes entreprises, bâties sur des idées techniques neuves dont la rentabilité (et même la réalisation industrielle) ne sont pas encore assurées, à mûrir leur projet commercial. L'entreprise peut rester liée au laboratoire inventeur, dans le cadre de contrats de recherche-développement.

De telles initiatives doivent faire face au cloisonnement des mondes industriel et académique ; et dans une large mesure, à la faiblesse de l'industrie privée, peu pressée d'innover en intégrant les retombées de la recherche locale. Le couplage entre la recherche publique et le monde économique ne peut se passer d'institutions d'interface. Celles-ci commencent toutefois d'apparaître dans l'un et l'autre univers. Des clubs de rencontre recherche industrie traduisent cet état d'esprit, comme par exemple l'originale Association R & D Maroc. Celle-ci a été créée en 1997 à l'initiative de grands groupes industriels marocains (OCP, ONA...). Son objectif est d'« *initier, promouvoir et dynamiser l'innovation par la R & D* ». Elle soutient la diffusion des résultats de la recherche, le resserrement des liens avec les experts marocains à l'étranger, la promotion de la recherche développement et la création d'entreprises innovantes. Elle vient de lancer ses propres appels d'offre ²⁶.

Le secteur parapublic, dont les dirigeants ont une sensibilité « Saint-Simonienne », est ici *leader*. En tous cas, rien ne saurait se faire sans l'initiative des établissements ; et surtout sans l'interaction volontaire (et même volontariste) entre chercheurs et entrepreneurs, guidés par le sentiment d'appartenance à un même bloc sociocognitif (celui des « technologues », affrontés à une société patrimoniale). Cette ère a peut-être commencé.

2.4. Réactions des chercheurs : reconnaissance certes mais...

Les avis des chercheurs ²⁷ sont partagés sur la nouvelle politique, et la soudaine ambition scientifique dont elle témoigne. On retiendra que globalement, ils se sentent enfin reconnus dans leur métier. Les appels d'offres leur ont permis de faire connaître aux médias (et à l'administration centrale) la richesse de la recherche nationale, la diversité des thématiques abordées, la présence de sujets porteurs, le dynamisme des équipes, leur productivité et leur réputation à l'échelle internationale. Ils ont aussi révélé des lacunes, en certains domaines.

Certains chercheurs (universitaires surtout) s'inquiètent d'un dirigisme excessif dans les orientations (bien que la recherche de base soit soutenue). Ils voient aussi avec quelque réticence les procédures systématiques d'évaluation.

26. L'association a retenu plusieurs propositions de recherche développement, présentées par des entreprises ou des individus. Elle soutiendra 6 projets d'« *incubateurs* » qui sont des structures destinées à valoriser les travaux académiques. L'idée est de faire mûrir un projet commercial, dont la faisabilité n'est pas entièrement démontrée puis de lancer une entreprise sur cette base.

27. Nous avons interviewé sur ces thèmes une trentaine de chercheurs, composant un échantillon raisonné. Celui-ci comprend des quotas par lieux, par disciplines, et par niveau de « performance ». L'enquête s'est déroulée pour l'essentiel à Casablanca, Rabat et Marrakech, et nous avons visité aussi bien des écoles que des universités. Une majorité des entretiens ont eu lieu avec des chercheurs des sciences exactes.

Certains se plaignent de leur manque « d'équité » et de « transparence » : défaut de jeunesse de l'institution, ou prétexte au refus aristocratique de l'exercice ?

De plus l'université doit faire face à la crise qui la traverse depuis plus de quinze ans. Elle est partagée entre la défense d'une mission de formation générale (sans interaction directe avec le secteur productif), et la nécessité de former des diplômés pour le marché du travail (exigence de la nouvelle Charte de l'éducation). Elle est tiraillée entre ses nouveaux devoirs pédagogiques, et le souci de participer par la recherche au développement du pays. La communauté semble se diviser entre plusieurs générations :

- les « bâtisseurs », (dont une minorité reste à l'université, quand elle n'a pas de charge politique dans l'actuel gouvernement) : ils gardent imperturbablement une démarche favorable à la recherche, souvent académique. Cette génération est entrée à l'université au cours des années 1970 ;
- les « pédagogues » sont entrés à l'université au milieu des années 1980. Ils ont dû faire face à la massification, au moment même où les effets des Plans d'ajustement structurel commençaient à peser. Ils semblent moins attachés à la recherche, et cherchent à sortir de l'université pour valoriser leur statut : expertise et cours privés ;
- les « héritiers » sont entrés à l'université au compte gouttes au cours des années 1990. Ils veulent démontrer leur valeur. Ils sont décidés à jouer le jeu avec le gouvernement, en se saisissant de toutes les occasions offertes pour montrer le dynamisme de l'institution.

Conclusion

Au Maroc, le développement de la recherche scientifique et la maîtrise des technologies sont des thèmes récurrents du discours politique. Ils prennent en ce moment une vigueur accrue avec l'approche de l'association au marché européen, et la mise en concurrence déjà sensible de l'industrie nationale sur les marchés mondiaux.

Il ne s'agit pas seulement d'incantations. Le gouvernement marocain a beaucoup investi dans la mise en place d'un enseignement supérieur étendu à tout le territoire. Il a conservé (et surtout récemment créé) un dispositif de Centres de recherche à orientation technologique, employant des chercheurs à plein temps et d'esprit parfois entrepreneurial.

Il est vrai que ces efforts n'ont pas toujours eu d'effets bien visibles sur l'amélioration des conditions sociales et matérielles ; ni sur l'élévation du niveau technologique dans une industrie aujourd'hui passablement obsolète. Il est aussi vrai que plusieurs secteurs se sont développés séparément, avec des styles de science distincts (« académique » à l'université, « technologique » dans les écoles d'ingénieurs et les Centres de recherche...).

Néanmoins, la montée en puissance de la recherche marocaine est aujourd'hui spectaculaire. Son taux de croissance (en terme de publications

dans les meilleures revues mondiales) est le plus fort d'Afrique. Et le Maroc est désormais troisième producteur de science sur le Continent. Récemment le gouvernement a pris les moyens d'encourager et de structurer ce potentiel volontariste et vibrant. Pour la première fois se dessine, par touches successives, une politique de la recherche mise en œuvre de manière à la fois souple et suivie. Elle pourrait efficacement renforcer et orienter la dynamique actuelle.

Bibliométrie fine. Méthode et résultats

ROLAND WAAST ET PIER LUIGI ROSSI

1. Méthodologie

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

Il est de bonnes raisons de s'intéresser aux publications. *En théorie* [Merton 1977] d'abord, les chercheurs poursuivent essentiellement la notoriété que leur vaut l'examen de leurs travaux par les « pairs » de leur communauté scientifique. Il leur faut donc publier, et vite (la prime allant à l'originalité et à la découverte). Même si la réalité est plus complexe, les contre théories reconnaissent toutes l'importance des publications : la concurrence entre chercheurs induit la fameuse injonction du « *Publish or Perish* » ; la science est certes pénétrée d'intérêts et de considérations « profanes », qui l'orientent lieu par lieu et lui assurent ses ressources ; mais les scientifiques locaux comme les alliés de la science¹ ont besoin de « certificats » de qualité, et les publications dans des revues très arbitrées sont les plus prestigieuses.

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

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

Avec elles est née la bibliométrie. Fondée par De Solla Price, cette discipline² repose sur des « lois », que l'observation ne cesse de conforter. La plus importante (loi de Lotka) est que cette production est très concentrée : une toute petite partie des acteurs est responsable de l'essentiel de la production. Cela se vérifie, non seulement pour les auteurs, mais pour les laboratoires qui les abritent. Bien sûr, ces acteurs visent les revues les plus prestigieuses (ou l'inverse). Il est donc légitime de prétendre représenter la science (en tous cas la science *influyente*) par le contenu d'un nombre limité de journaux bien choisis. Ainsi procèdent les grandes bases bibliographiques.

Ces bases ne sont pas à l'abri de la critique. Elles ont des biais de langue, et dépouillent peu de revues d'intérêt « local ». Elles reflètent mieux l'activité des sciences de base que celle des sciences appliquées³. Elles peinent à rendre compte des travaux inter disciplinaires. Leur « rendu » de la science des régions en développement a été notamment discuté [Arvanitis & Gaillard, 1992]⁴. Il est intéressant de citer à ce sujet deux études.

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

La deuxième étude compare, au Maroc, la production totale déclarée par les agronomes d'un Institut prestigieux (l'IAV) avec ce qu'en retiennent plusieurs bases de données : CAB et AGRIS, spécialisées en agriculture ; et Pascal, généraliste [Doghraj A., 1993]. De 1968 à 1990 (période étudiée), la production déclarée comprend 40 % d'articles, 30 % de communications à colloques et 25 % de rapports de recherche. Moitié des articles est publiée en revues locales. Les bases dépouillent essentiellement les articles (surtout internationaux), Pascal indexe un produit sur cinq, CAB un sur quatre, AGRIS un sur trois. Tous comptes faits⁵, *les bases manquent de 50 à 70 % de la production déclarée.* On doit alors se demander si la part occultée correspond à des

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

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

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

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

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

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

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

Notre objectif : une bibliométrie fine

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

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

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

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

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

2. Techniques de traitement

2.1. Le choix d'une base de référence

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

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

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

La qualité de fabrication de Pascal a été moins régulière [Arvanitis *et al.* 2000]⁶. Les citations ne sont pas dépouillées. Mais Pascal couvre mieux les pays francophones. La base dépouille un peu plus de Revues locales. Surtout, Pascal attribue à *chaque article* dépouillé un ou plusieurs *codes matière* très détaillés⁷.

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

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

2.2. Les sous domaines de recherche

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

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

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

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

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

La périodisation permet d'observer des *scores cumulés* de publication significatifs au niveau d'un établissement, dans des sous domaines relativement rares. Ils seraient passés inaperçus (statistiquement inutilisables) lors d'un comptage année par année⁸.

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

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

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

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

2.3. Lieux de la production

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L'opération est fastidieuse⁹. L'avantage est qu'elle est rapidement révisée lors des mises à jour périodiques. L'expérience nous a montré que de 5 en 5 ans, il apparaît très peu de nouvelles institutions productives, et peu de graphies originales (si le premier codage est bien fait, il est *robuste*)

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

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

3. Résultats

3.1. Note liminaire : mesures

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

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

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

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

Ce dernier décompte est plus « juste » mais nous convient mal. L'objectif n'est pas ici d'évaluer des personnes ou des établissements. Il est d'identifier les sites et les porteurs de compétence. Ce sont les « participations » qui les signalent le mieux, dans chaque domaine précis¹⁰.

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

3.2. Vue d'ensemble

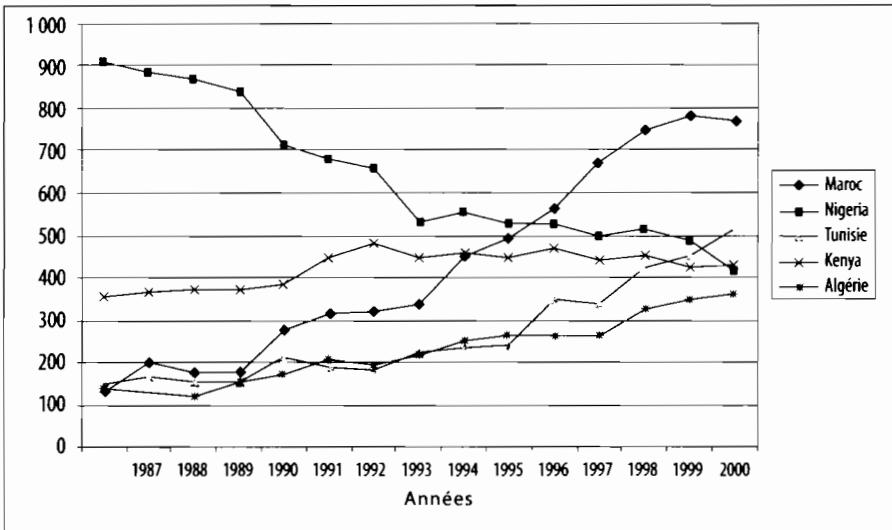
Cette étude fait suite à une autre, réalisée dans le cadre plus général d'une recherche sur les « sciences en Afrique » [Waast & Gaillard, 2001]. Elle faisait ressortir l'essor surprenant, car à contre-courant, de la science marocaine entre 1987 et 1996. La reprise de cette étude, avec bien plus de détails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

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

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

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

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



Données : SCI. Traitement P.L. Rossi.

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

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

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

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

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

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

LA CROISSANCE SE CONFIRME (1997-2001)

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

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

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

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

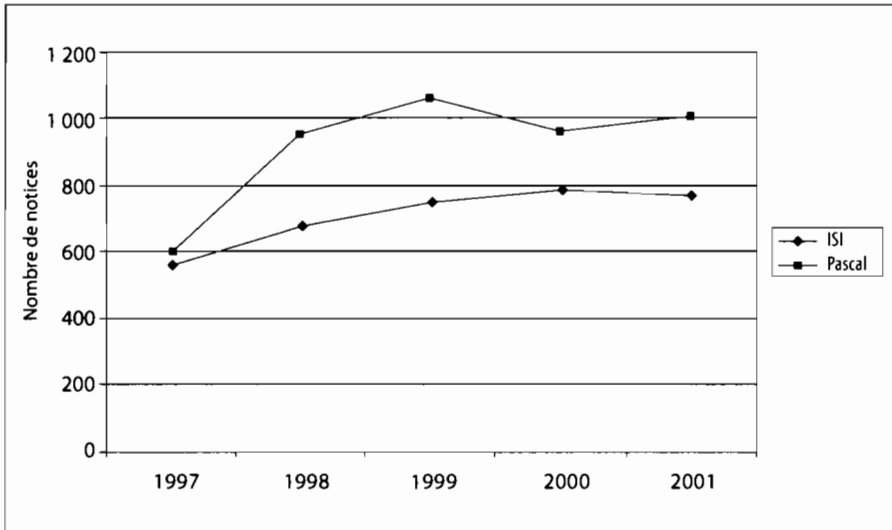
UN PALIER SEMBLE POURTANT EN VUE (2000-2001)

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

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

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

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



Données : SCI. et Pascal. Traitement P.L. Rossi.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Source : Pascal, Traitement R. Arvanitis.

Plus en détail, les sciences de base comprennent une part importante de mathématiques 12. Le reste se partage à parts à peu près égales entre Physique, Chimie, Géosciences et Biologie de base. Les sciences médicales comportent relativement peu de biologie¹³.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Source Pascal. Traitement Waast et Rossi [2001].

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

Dans les autres domaines, moins développés, la situation est plus aléatoire. En sciences médicales de grands succès (neurologie, radiologie) s'organisent autour de figures de proue. En sciences agricoles, l'élevage s'affirme tôt comme la plus marquante des spécialités¹⁵. En sciences de l'ingénieur, les bons résul-

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

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

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

1997-2001 : CROISSANCE ET DIVERSIFICATION

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

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

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

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

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

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

b) Les compétences se différencient

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

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

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

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

Source Pascal. Traitement PL. Rossi.

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

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

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

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

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

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

Source Pascal. Traitement PL Rossi.

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

Ces résultats confirment la différenciation récente de la science marocaine. Les compétences de base ne sont pas pour autant abandonnées. Les recherches dans les domaines « généraux » irriguent un enseignement universitaire dont nul ne dispute la qualité. C'est sur ce socle que s'édifient, avec succès, les sous-domaines pointus¹⁷.

3.4. Redéploiement des lieux de production

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

LES SITES DE PRODUCTION SE DIVERSIFIENT

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

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

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

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

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

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

Source: Pascal. Traitement PL. Rossi.

Troisième site national
 Deuxième site national
 Premier site national

Meknès fait ainsi jeu égal avec Rabat et Casablanca en physique du solide. *Fès* s'est spécialisé avec bonheur dans les semi-conducteurs. C'est aussi un étonnant premier en informatique, automatique, télécommunications¹⁸. Sans prétendre aux toutes premières places, *Oujda* figure en bonne position dans une variété de branches de la physique et des mathématiques. *Jadida* est devenu deuxième site national en cristallographie, branche importante où le Maroc excelle¹⁹. Mais c'est aussi un site essentiel pour toutes sortes de sciences de la mer. *Kenitra* a développé un pôle « eau » majeur, multidisciplinaire, autour duquel se concentrent des activités de géosciences, de sciences agricoles, de physique et de mathématiques.

LES FOYERS DE DYNAMISME INSTITUTIONNELS SE DÉPLACENT

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

a) *Le repli d'institutions bien établies*

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

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

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

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

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

b) *L'inégal progrès des universités*





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

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

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

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

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

	Progrès très rapide
	Progrès rapide
	Progrès appréciable
	Recul

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

Certes ces établissements demeurent, en nombre de sous domaines, des pôles productifs actifs et parfois majeurs²⁰. En outre, ils partent souvent de scores de publication notables, qui ne peuvent croître comme au temps des origines.

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

c) Le dynamisme de plusieurs écoles ou établissements publics

À l'opposé, *plusieurs écoles* font preuve d'un dynamisme significatif. Au premier rang, l'École Mohammedia des ingénieurs (surtout en maths, en informatique et télécommunications, et autres sciences de l'ingénieur). Mais aussi l'École d'informatique de Rabat (ENSIAS), l'École nationale d'agriculture de Meknès, l'École des mines de Rabat (où une équipe a mobilisé un consortium international pour réaliser avec elle plusieurs feuillets de la carte géologique du pays). Enfin, l'une des écoles les plus remarquables en recherche est depuis peu l'Institut national des postes et télécommunications (INPT), leader dans son domaine²¹.

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

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

d) La montée en puissance des jeunes universités

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

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

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

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

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

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

La dynamique des jeunes universités tient souvent à la gouvernance de ces institutions. Elle repose aussi sur les normes professionnelles qui y prévalent. En plusieurs sites se rencontrent des phalanstères de jeunes chercheurs, qui ont quitté les métropoles en espérant plus de latitude. Ils n'ont pas d'autre ambition que de réussir dans et par la recherche, en respectant ses standards²². Même s'ils ne constituent pas la majorité des enseignants chercheurs, ils sont assez nombreux dans chaque Faculté, et formés en « communauté », pour imposer un « style » vite prospère, pourvu que la direction de l'établissement s'y montre bienveillante.

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

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

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

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

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

Dans les commencements, il faut évidemment prêter une attention particulière aux personnes. L'activité scientifique demeure un choix individuel, une vocation, même si ses institutions commencent aujourd'hui à se mettre en place²³.

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

UNE GÉNÉRATION D'AUTEURS PASSE LE FLAMBEAU

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

QUELLE RELÈVE ?

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

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

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

Source Pascal. Traitement R. Waast.

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

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

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

Les résultats sont résumés dans le tableau 9.

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

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

Source Pascal. Traitement R. Waast.

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

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

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

Source Pascal. Traitement R. Waast.

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

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

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

Source Pascal. Traitement R. Waast.

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

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

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

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

L'AUTONOMISATION DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

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

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

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

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

Les stratégies de publication sont instructives.

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

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

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

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

3.6. Le cas particulier des sciences médicales

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

LE VOLUME DE LA PRODUCTION EST DISCUTÉ

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

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

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

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

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

Source : SCI. Traitement Narvaez.

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

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

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

Source : SCI. Traitement Narvaez.

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

POINTS FORTS ET FAIBLES

Les **points forts** qui ressortent des deux bases sont les mêmes. Nous en avons fait état plus haut en utilisant Pascal. Le tableau 12 présente les résultats proposés par le SCI (1991-1996) : les grands succès s'attachent à des spécialités particulières, souvent sophistiquées. Ils se sont organisés autour de figures de proue. Certains supposent des stratégies très réfléchies de choix de sujet²⁶. C'est la caractéristique d'une science pionnière, qui doit beaucoup à ses fondateurs.

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

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

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

LES ÉVOLUTIONS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Source SCI & Pascal. Traitement R. Waast

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

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

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

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

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

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

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

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

Source SCI & Pascal. Traitement R. Waast.

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

4. Conclusion

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

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

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

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

CHAPITRE 6

L'enquête électronique comme contribution à l'évaluation des systèmes nationaux de recherche : le cas des laboratoires de recherche au Maroc

ANNE-MARIE GAILLARD ET JACQUES GAILLARD

Introduction

D'abord quelques mots sur le contexte : cette enquête questionnaire sur les laboratoires de recherche marocains s'est inscrite dans le cadre d'un programme d'évaluation du système de recherche scientifique et technique du Maroc¹ engagé par le ministère délégué à la Recherche scientifique en 2002 et 2003, avec le soutien de la Commission européenne. L'enquête, réalisée entre janvier et mars 2003, a principalement porté sur les financements, les coopérations, l'état et la maintenance des équipements de recherche, la production scientifique et technique ainsi que sur les problèmes d'ordre administratif et technique auxquels les laboratoires ont à faire face. Elle a également cherché à mettre en lumière les questions relatives aux personnels œuvrant dans la recherche : leur nombre, âge et formation, les principaux types d'activités dans lesquels ils sont impliqués et les différentes formes de valorisation des résultats de recherches.

Bien que les résultats de l'enquête soient présentés synthétiquement, cet article portera surtout sur la méthode d'investigation elle-même. La raison de ce choix tient dans le fait qu'une enquête électronique pour être souple et séduisante n'en demeure pas moins un outil précaire utilisé dans un contexte volatile (celui des adresses électroniques) et dont les résultats risquent d'être entachés d'un manque de représentativité, principalement lorsque la population à qui elle s'adresse est peu ou mal connue. Cet article attire donc l'attention sur les étapes préalables qui ont été nécessaires à l'obtention de résultats fiables.

1. Le présent texte, et plusieurs autres de ce livre, résume les résultats intégraux, auxquels on peut se référer. Ils ont été publiés par le ministère marocain de la Recherche, sous le titre : *Atelier national sur l'évaluation du système de la recherche scientifique dans les domaines des sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur, Rabat, 26-27 mai 2003, rapport d'évaluation*, 3 volumes. Le volume 2 (« Rapports d'évaluation », 554 p.) est le plus riche. Nous y renvoyons à plusieurs reprises sous l'intitulé « Atelier 2... », *op. cit.*

1. Comment joindre la population concernée par l'enquête ?

Le premier des deux principaux défis posés par ce type d'enquête consiste à joindre la population ciblée. Il faut en effet soit disposer d'une base de données des adresses électroniques que l'on sait récente et relativement fiable (les adresses électroniques pouvant être très éphémères), soit en constituer une. Dans ce cas, se pose le problème de la légitimité. Sur quelle base obtenir ces adresses et comment ? Se pose ensuite le problème de la confidentialité, les personnes enquêtées devant faire confiance à l'enquêteur et être assurées qu'aucun mauvais usage ne sera fait des informations fournies. Le deuxième défi (pour autant que l'on puisse avoir dépassé le premier) consiste à évaluer l'échantillon des adresses dont on dispose au regard de l'ensemble de la population que l'on cherche à étudier. Quel est le pourcentage des individus de la population que l'on peut joindre par courrier électronique et quelle est la représentativité de ceux qui répondent ? L'absence de moyens d'évaluation de ces échantillons hypothèque gravement la fiabilité des résultats de l'enquête.

Concernant les laboratoires marocains, il n'existait pas, préalablement à l'enquête, de base de données fiable et récente permettant un envoi des questionnaires à l'ensemble de la population ciblée ou à un échantillon représentatif. Il s'avérait donc indispensable de faire précéder l'enquête d'une investigation sur l'ensemble du pays afin de tenter de repérer la totalité des laboratoires, d'en connaître leurs chefs et d'identifier leur adresse électronique. Le Ministère délégué à la recherche scientifique², premier commanditaire de l'évaluation, s'est d'abord attelé à cette tâche. La demande est apparue légitime pour la majeure partie de la population enquêtée³. Cette pré enquête a donc consisté en l'envoi d'un formulaire par courrier postal à tous les grands départements scientifiques (hormis sciences humaines) des universités, des instituts de recherche et des écoles supérieures. Ce questionnaire comportait un nombre réduit de champs : nom du labo, institution d'appartenance, établissement – ou département universitaire –, ville, nom du responsable, son adresse électronique, le ou les domaines scientifiques concernés, les numéros de téléphone et de fax du laboratoire. Les 610 réponses obtenues par le ministère à ce questionnaire ont été rassemblées en une base de données mise à la disposition des chercheurs en charge de l'enquête.

Concomitamment à cette collection d'informations, la première phase de l'évaluation qualitative⁴ permettait, grâce au passage des experts scientifiques sur le terrain et par des requêtes individuelles envoyées directement auprès

2. Précédé par le Secrétariat d'État à la Recherche du Maroc, le ministère délégué à la Recherche scientifique a été créé suite aux élections organisées au mois de novembre 2002. C'est sous cette appellation que nous le désignons ici.

3. Toutefois certains laboratoires ou institutions dépendant d'un ministère autre que celui diligentant l'enquête ont parfois hésité, voire refusé de répondre, voyant dans cette demande un empiétement sur les prérogatives de leur tutelle.

des responsables scientifiques des grandes institutions de recherche marocaines⁵ de compléter et d'approfondir les informations rassemblées par le ministère. Cela a mené à l'identification de 778 laboratoires et a permis la constitution d'une base de données intitulée « Laboratoires identifiés » contenant l'ensemble des champs énumérés précédemment. Cette nouvelle base a non seulement rendu possible l'envoi du questionnaire à tous les laboratoires dotés d'une adresse électronique (659)⁶ mais a été précieuse au moment de l'exploitation des données pour déterminer la représentativité des réponses (par une mise en perspective des résultats obtenus)⁷.

2. Approche méthodologique

2.1. La réalisation du questionnaire

La préparation, et la réalisation de cette enquête questionnaire ont été grandement facilitées par deux études préalables sur la recherche scientifique au Maroc⁸ : une première étude sur l'histoire, le développement et l'institutionnalisation de la recherche scientifique au Maroc⁹ et une seconde, de nature bibliométrique, portant sur la production scientifique marocaine qui met en perspective les dynamismes institutionnels et les grands domaines de production¹⁰. L'interprétation et la mise en contexte des résultats obtenus ont également été facilités par la disponibilité des rapports des experts européens ayant effectué les premières missions entre septembre et décembre 2002¹¹. Enfin, la mise au point et la finalisation du questionnaire doivent également beaucoup aux entretiens menés auprès des chercheurs marocains au cours de visites effectuées dans des laboratoires (à Rabat, Marrakech et Agadir en septembre

4. Visite de laboratoires par des experts européens. Voir plus haut, chapitre « La Méthode », et *Atelier 2, op.cit.*

5. Les requêtes ont été formulées auprès des doyens des facultés des sciences, des facultés des sciences et des techniques, des facultés de médecine, des directeurs de grands établissements d'éducation supérieure, et d'instituts de recherche principalement.

6. Il n'est pas invraisemblable de penser que l'on aurait pu joindre une partie, sinon tous les 119 chefs de laboratoires pour lesquels aucune adresse électronique n'a été fournie, toutefois ces derniers n'ont probablement pas jugé bon de donner leur adresse personnelle (contrairement à beaucoup d'autres).

7. C'est à cette base que l'on se réfère chaque fois que le concept « laboratoires identifiés » est utilisé dans le texte, les tableaux ou les graphiques.

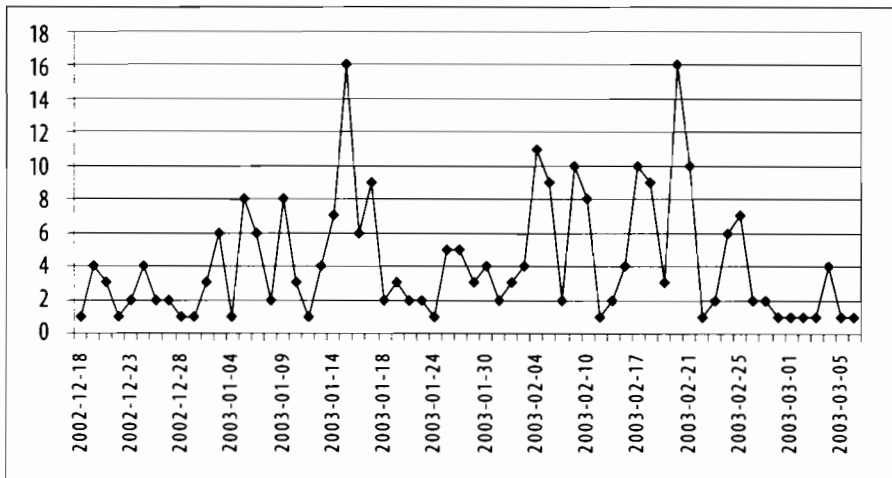
8. Ces deux études font partie intégrante de l'évaluation du Système de recherche scientifique et technique au Maroc.

9. M. Kleiche Dray, chapitres précédents, et *Atelier 2, op. cit.*

10. R. Waast et P.L. Rossi, chapitres précédents, et *Atelier 2, op. cit.*

11. Huit rapports finaux ou partiels d'experts étaient disponibles au moment de l'exploitation des résultats de recherche. Ces rapports traitaient des domaines des mathématiques, sciences et techniques de l'information et de la communication, physique, sciences de la mer, agriculture et forêts, chimie, chimie des substances naturelles, médecine.

FIGURE 1
Chronologie de réception des questionnaires



2002), à la suite desquelles plusieurs scientifiques se sont portés volontaires pour tester le questionnaire. Cette dernière étape de validation nous a permis de finaliser le questionnaire et de vérifier que le temps nécessaire pour le remplir n'était pas rédhibitoire¹².

2.2. Le questionnaire électronique et sa gestion

L'enquête a ensuite été envoyée en tant que « document attaché » à l'ensemble des responsables des laboratoires disposant d'une adresse électronique, accompagnée d'une lettre expliquant très précisément le contexte de la demande (l'évaluation du système scientifique et technique du Maroc engagée par les autorités marocaines avec le soutien de l'Union européenne) et le but recherché (élaboration d'un rapport quantitatif devant être présenté dans un atelier de restitution au printemps 2003 au Maroc). Cette lettre garantissait le traitement anonyme des données et fixait une échéance pour le retour du questionnaire.

Le questionnaire a été conçu pour qu'il y soit répondu directement sur écran, en cochant des cases ou en choisissant des options entre différentes propositions contenues dans des menus déroulants.

Il a été envoyé une première fois le 17 décembre 2002, puis **4 relances successives** ont été effectuées entre 10 et 15 jours d'intervalle du 15 janvier au 21 février 2003. Le dernier questionnaire a été réceptionné le 6 mars 2003. La figure 1

12. Selon les premiers tests effectués, entre 30 et 40 minutes étaient nécessaires pour remplir le questionnaire. Ce temps était vraisemblablement sous-estimé et plusieurs responsables de labos nous ont fait savoir par la suite qu'il leur avait fallu plus d'une heure pour répondre sérieusement à l'ensemble des questions posées.

montre que les relances ont été nécessaires pour obtenir un bon taux de retour. En effet, le jour de la première relance, 37 % seulement des réponses avaient été reçues. Les deux dernières relances ont permis de récupérer presque autant de questionnaires (48 %) que les trois premiers envois additionnés (51 %) ¹³.

La gestion des réceptions a été plus difficile que prévue et a exigé un *travail de suivi au jour le jour*. Cela, principalement pour les raisons suivantes :

Les retours de messages revenant « non remis au destinataire » se sont avérés être relativement nombreux dès le premier envoi (plus d'une centaine de messages). Cela a nécessité une mobilisation de l'ensemble des ressources disponibles (principalement auprès des chercheurs marocains déjà identifiés dans chaque institution) afin de dépister les erreurs d'adresses, les changements d'adresses, trouver des moyens pour informer certains responsables dont les boîtes à lettre (des adresses personnelles) étaient pleines... Malgré ces efforts, **74 labos n'ont jamais pu être joints à l'adresse électronique indiquée**. À ce sujet, il est important de noter qu'environ un tiers des responsables de laboratoires utilisaient des adresses électroniques personnelles (ex. yahoo, hotmail et caramail) souvent même à l'étranger (@yahoo.fr par exemple) plutôt que des adresses institutionnelles. Enfin, de nombreux chefs de labos changent (comme tout un chacun) plus ou moins souvent d'adresse électronique personnelle (en fonction des offres du marché) rendant, de facto, les bases de données inopérantes pour les joindre par courrier électronique ¹⁴ puisque ces dernières ne sont pas remises à jour, faute d'un suivi régulier.

1. Un nombre non négligeable de questionnaires remplis nous sont revenus sans qu'il ne soit possible d'identifier leur expéditeur ou le laboratoire pour lequel ce dernier répondait. À savoir, le questionnaire nous parvenait d'une adresse (fictive ici) telle que `cdpc@hotmail.com`, le champ « nom de votre laboratoire » indiquait par exemple « Laboratoire de physique appliquée » et le champ « nom de votre institution » mentionnait « Faculté des sciences ». Partant, il était difficile de savoir comment traiter ce questionnaire : s'agissait-il d'un nouveau laboratoire ou d'un doublon ? Chaque cas a donc dû être élucidé. Pour certains il s'agissait effectivement de laboratoires qui n'avaient pas été identifiés par l'enquête préliminaire ; pour d'autres, il s'agissait d'un chef de laboratoire connu qui réexpédiait le questionnaire rempli à partir de son adresse personnelle (voulant garder l'anonymat ?) ; quelquefois il s'est aussi agi de doublons (deux personnes se considérant comme « chefs de laboratoire » et répondant conjointement

13. Ce qui ne correspond pas aux profils connus de réponses des enquêtes postales où les réponses diminuent progressivement avec le nombre de relances.

14. Cela s'est vérifié à nouveau au moment de la restitution du rapport d'enquête où il s'est avéré que plus d'une centaine des adresses utilisées efficacement pour l'envoi du questionnaire n'existaient plus.

au même questionnaire ; ou encore d'un chef de laboratoire, répondant par mesure de précaution à la fois à partir de son adresse personnelle et à partir de son adresse professionnelle). Dans tous les cas, nous avons donc repris contact (par la fonction « réponse » du courrier électronique) et avons dû convaincre, le cas échéant, de la nécessité méthodologique dans laquelle nous étions d'identifier le laboratoire tout en promettant une totale garantie de l'anonymat. Ayant affaire à une population scientifique, ces arguments ont toujours été bien entendus et nous avons pu, finalement, avoir une totale maîtrise de l'identification institutionnelle des laboratoires ayant répondu. L'utilisation d'un numéro verrouillé sur chaque questionnaire envoyé, correspondant à la numérotation attribuée aux laboratoires de la base « laboratoires identifiés » aurait résolu ce problème (bien que compliquant l'envoi du questionnaire qui aurait alors dû s'opérer de façon individuelle et non plus collective).

2. L'enquête a bénéficié d'un effet « boule-de-neige » qui a entraîné un certain nombre de réponses émanant de laboratoires qui n'avaient pas été, initialement, destinataires du questionnaire. Cet effet est cependant resté marginal.
3. Certains problèmes d'ordre technique ont également perturbé le remplissage des questionnaires et la transmission des données. L'adoption d'un format « formulaire » sur un logiciel de traitement de textes Microsoft avec un grand nombre de menus déroulants et de choix prédéterminés a entraîné des phénomènes d'incompatibilité avec certains logiciels de traitements de texte. Ces difficultés ont été à l'origine d'un bon nombre d'échanges avec les responsables de laboratoires marocains. Souvent des méthodes de contournement ont été trouvées ; il a fallu toutefois, une dizaine de fois, re-saisir les questionnaires renvoyés. L'option « questionnaire en ligne » aurait pu être une solution efficace, si ce n'est qu'elle aurait contraint les chefs de laboratoires à rester en ligne pendant le « remplissage » du questionnaire, pénalisant ainsi ceux qui ont répondu (un tiers) à partir d'une adresse personnelle (or le remplissage du questionnaire demandait entre 60 et 90 minutes).

Quelles qu'aient été ces difficultés, il est apparu cependant que ce mode d'enquête présentait de nombreux avantages liés à la multiplicité et à la rapidité des échanges possibles : échanges qui permettent un ajustement très fin des réponses données. Cela a ainsi permis de vérifier des informations pour certaines questions parfois mal comprises. Ce fut le cas, par exemple, des questions se rapportant aux budgets des laboratoires où le questionnaire demandait des réponses exprimées en milliers de Dirhams (kDH). Cette demande était, à l'évidence, mal formulée car les laboratoires marocains n'ont qu'exceptionnellement des budgets (hors salaires et primes) qui nécessitent de s'exprimer en kDH. Partant, nombreux sont les responsables de laboratoires qui ont répondu en unités de monnaie (Dh), ce qui, interprété en milliers de Dirhams aurait donné des budgets parfois exorbitants.

Dans tous ces cas, le courrier électronique a donc permis de contrôler rapidement et facilement les informations chaque fois que cela paraissait nécessaire. Il faut savoir cependant que si cette gestion paraît simple, elle ne peut se faire sans un suivi au jour le jour et qu'elle a nécessité, pour l'enquête présente, l'envoi de plus d'un millier de messages électroniques (en plus des envois et des relances de masse).

2.3. La construction de la base de données issue des réponses au questionnaire

Pour importer les informations contenues dans les questionnaires dans une base de données, il a fallu programmer un logiciel d'interface permettant de transposer directement les réponses données aux questionnaires sur un tableur « Excel » (afin de les importer ultérieurement sur une base de traitement de données « Access »).

Il s'agit d'un logiciel (programmé en langage C) basé sur la reconnaissance des chaînes de caractères d'un document Word formaté (le questionnaire) permettant d'introduire sur un tableur Excel une partie déterminée du texte d'origine (à savoir les informations contenues dans les zones de réponse du questionnaire). Une fois une chaîne reconnue (la chaîne correspond à une question du questionnaire), le logiciel permet au tableur Excel d'inscrire la réponse donnée dans la zone du tableur (une colonne) qui lui est attribuée. Pour que le logiciel fonctionne il est préalablement nécessaire de convertir les documents Word (les questionnaires) en format « texte avec retour à la ligne » pour que le logiciel puisse les parcourir et affecter les « réponses » dans les bonnes colonnes du tableur.

Une fois tous les questionnaires parcourus par le logiciel, le fichier Excel obtenu a dû être préalablement nettoyé avant d'être importé sur la base de traitement de données « Access ». La principale difficulté a été de recalibrer les réponses provenant de questionnaires dont le verrouillage avait disparu et qui, partant, avaient subi de légères modifications¹⁵.

3. Représentativité de l'enquête

Il faut d'abord rappeler que les laboratoires identifiés n'ont pas tous été contactés. Seulement 659 adresses électroniques ont pu être repérées parmi les 778 laboratoires identifiés et celles-ci n'ont été efficaces que dans 585 cas (74 messages n'ayant jamais atteint leur destinataire). Partant, 585 chefs de laboratoires ont été finalement sollicités par notre enquête questionnaire. Il faut ensuite introduire une distinction entre le nombre de questionnaires reçus et le nombre de laboratoires ayant participé à l'enquête. En effet si 150 responsables de laboratoires ont répondu pour un seul laboratoire, 113 ont répondu

15. Cet incident aurait pu être évité si nous avions accompagné le verrouillage des questionnaires d'un code d'accès. C'est un « oubli » qui a été coûteux en temps...

TABLEAU 1
 Nombre de questionnaires reçus et nombre de laboratoires ayant participé à l'enquête

	Nombre de questionnaires	Nombre de laboratoires ayant participé à l'enquête
Un labo par questionnaire	150	150
Plusieurs labos par questionnaire	113	346
Total	263	496

pour plusieurs laboratoires. Ainsi, les 263 réponses reçues concernent un ensemble de 496 laboratoires (voir tableau 1). Les taux de réponse au questionnaire (64 % par rapport aux laboratoires identifiés et 85 % par rapport aux laboratoires sollicités) étaient donc, *a priori*, plus que satisfaisants.

Toutefois, rien ne permettait d'affirmer que les réponses étaient d'une façon ou d'une autre représentatives de l'ensemble de la communauté. Le choix de la méthode (pas d'échantillon représentatif possible) et le contexte de l'enquête (celle-ci étant l'un des volets de l'évaluation du système de recherche national) risquaient d'entraîner des biais non maîtrisables pour l'interprétation des résultats. Le taux de réponse de certains des domaines risquait d'être influencé par le fait qu'ils avaient déjà fait l'objet d'une évaluation par les experts européens ayant circulé pendant l'automne 2002. Toutefois, cela pouvait jouer dans deux sens : soit inciter à répondre davantage (car les labos étaient mobilisés) soit, au contraire, limiter les participations (par un phénomène d'usure). Il était également vraisemblable que la représentativité des institutions soit dépendante de la façon dont les responsables institutionnels s'étaient eux-mêmes engagés dans cette évaluation¹⁶. C'est dans ce contexte que la première base de données constituée pour l'identification des laboratoires et nommée « laboratoires identifiés », intégrant 778 laboratoires repérés, s'est avérée précieuse. Elle constituait une « population de référence » et permettait de déterminer partiellement la représentativité de l'échantillon ayant répondu à l'enquête.

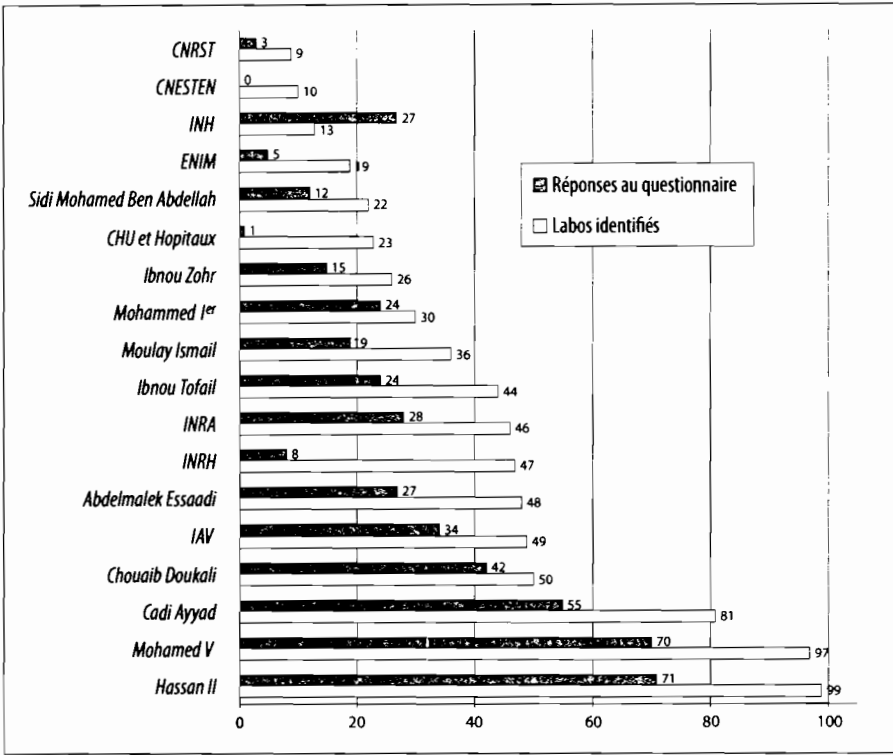
3.1. Représentation institutionnelle des réponses

À quelques exceptions près, les grandes institutions marocaines productrices de science sont bien représentées dans l'enquête¹⁷. Il convient toutefois de relativiser la très faible proportion des laboratoires hospitaliers car il apparaît, après vérification, que leurs réponses ont le plus souvent transité par les facultés

16. Certains recteurs de grands établissements universitaires n'ont, par exemple, jamais donné suite à nos demandes d'identification des laboratoires ni fourni les adresses électroniques des chefs de laboratoires.

17. À l'exception de la Faculté des Sciences et des Techniques de l'Université Hassan 1^{er} de Settat et de la Faculté des Sciences de l'Université Sidi Mohammed Ben Abdellah de Fès.

FIGURE 2
Laboratoires identifiés et réponses au questionnaire par institution



de médecine (et non pas par les établissements hospitaliers). Elles apparaissent donc (sans être identifiées dans cette figure) parmi les réponses des institutions universitaires. Cela est confirmé par la figure 3 où l'on voit que le domaine de la recherche pharmaceutique, médicale et biologique est le domaine le mieux représenté en nombre de laboratoires (et le deuxième en nombre de réponses) dans l'enquête.

Si l'on regroupe ces institutions en trois grandes catégories : institutions universitaires, instituts publics de recherche et autres établissements (principalement les écoles supérieures, dépendantes ou non des universités), il est intéressant d'observer qu'il existe une quasi-similitude entre l'échantillon des laboratoires enquêtés et la population de référence « laboratoires identifiés » (tableau 2).

3.2. Représentation par domaines scientifiques

Classer les laboratoires par domaines scientifiques prédéterminés relève souvent d'une gageure, et les responsables de laboratoires enquêtés ont d'ailleurs, la plupart du temps, contourné cette difficulté en donnant une réponse multiple à cette question du questionnaire. En effet, alors que la fron-

TABLEAU 2
Représentativité institutionnelle des laboratoires enquêtés

	Établissements universitaires	Instituts publics	Autres établissements	Total
Labos identifiés	71 %	20 %	9 %	100 %
Labos enquêtés	73 %	18 %	9 %	100 %

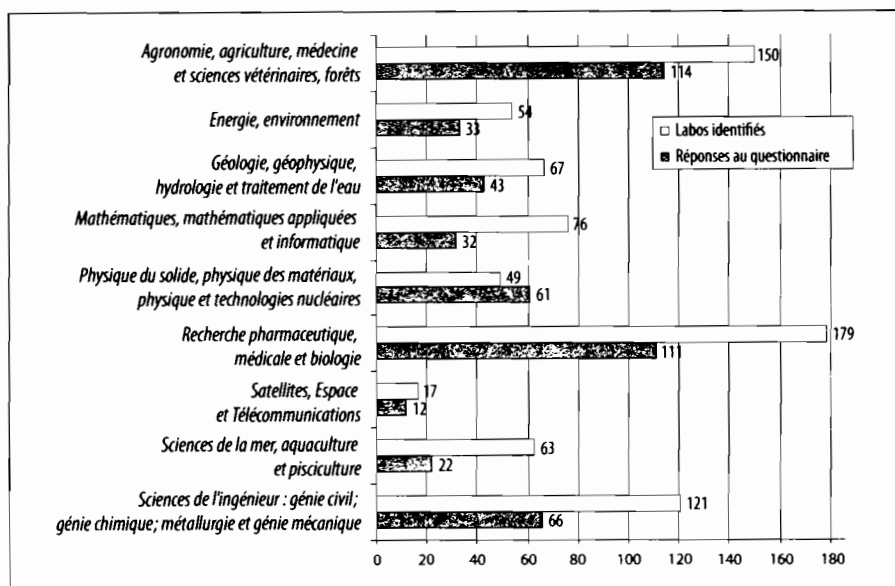
tière entre de nombreuses disciplines est de plus en plus poreuse, les applications scientifiques peuvent amener à classer un laboratoire dans un domaine beaucoup plus généraliste (par exemple en agronomie alors qu'il s'agit de recherches en sciences biologiques, ou en sciences de l'ingénieur alors qu'il s'agit de recherche en physique, chimie ou mathématiques...).

La classification des domaines scientifiques de cette enquête suit celle choisie conjointement par les autorités marocaines et par la Commission européenne. Les laboratoires universitaires sont classés en fonction de leur faculté et de leur département d'appartenance et les laboratoires dépendant des instituts publics de recherche ont été classés en fonction de la mission de ces instituts. Cette classification arbitraire, adoptée dès la constitution de la première base de donnée (celle des « laboratoires identifiés ») permet la mise en perspective de l'échantillon au regard des domaines scientifiques (fig. 3).

Dans sept domaines sur neuf, la représentativité des laboratoires ayant participé à l'enquête se situe au-delà des 50 %. Toutefois, les écarts entre les domaines sont importants se situant entre 35 % pour les « sciences de la mer, aquaculture et pisciculture » et 76 % pour l'« agronomie, agriculture, médecine et sciences vétérinaires ». On retrouve là un report des différences déjà observées dans la figure 2 où il apparaît que certaines institutions ont très bien répondu à l'enquête (IAV et INRA avec respectivement 69 et 60 %) et d'autres très peu (INRH avec 17 %). La participation des laboratoires universitaires contribue toutefois à compenser partiellement les disparités de participation de ces institutions.

Le résultat obtenu par le domaine de la « physique du solide, physique des matériaux, physique et technologies nucléaires » s'explique par le fait que les laboratoires, équipes, ou groupes de recherches qui ont répondu à l'enquête n'avaient pas tous été identifiés antérieurement à l'envoi du questionnaire (ce qui était le cas pour l'ensemble des domaines, la base de données initiale « laboratoires identifiés » s'étant complétée au fur et à mesure du travail), mais c'est le seul domaine pour lequel il y a eu plus de réponses que de laboratoires sollicités au début de l'enquête. Dans ce domaine scientifique, une grande majorité des laboratoires identifiés ont pu être joints (81 %) et ils ont répondu au questionnaire de façon collective avec une moyenne de 2,2 laboratoires par réponse.

FIGURE 3
Laboratoires identifiés et réponses au questionnaire par domaine scientifique



Les observations faites sur la figure précédente se confirment (tableau 3) par la mise en perspective des différents domaines au sein du groupe de référence et de l'échantillon enquêté. Sept des neuf domaines sont représentés de façons relativement proches dans les deux groupes, sauf pour les sciences maritimes qui sont moitié moins présentes dans l'échantillon et les sciences physiques qui le sont moitié plus. Malgré ces différences qui touchent des domaines de recherche relativement minoritaires (en pourcentage de l'ensemble), l'image générale donnée par ce tableau révèle un assez bon respect des masses respectives au sein des deux groupes examinés.

Il est donc possible d'affirmer, au terme de cet examen de la représentativité de l'échantillon, que cette dernière est bonne, parfois excellente, et que les biais repérés ont permis de relativiser certains résultats obtenus.

4. Les laboratoires : une réalité polymorphe

Un autre défi de cette enquête était de partir d'un matériau appelé « laboratoire marocain » alors que la nature même de cette entité était inconnue. En fait cette question se pose chaque fois qu'il s'agit de mener une étude ou un travail d'enquête sur les laboratoires. Tout à la fois lieu de production scientifique, d'encadrement et de publication, le laboratoire peut revêtir des formes très variées et recouvrir des réalités très diverses. Cette question a émergé dans le cadre de cette étude, d'abord lors de l'examen de la base de données des laboratoires constituée par le ministère délégué à la Recherche scientifique du

TABEAU 3
Représentativité par domaine des laboratoires enquêtés

Domaines	Laboratoires identifiés	Laboratoires enquêtés
Sciences de l'ingénieur : génie civil ; génie chimique ; métallurgie et génie mécanique	15,6 %	13,3 %
Sciences de la mer, aquaculture et pisciculture	8 %	4,4 %
Satellites, Espace et Télécommunications	2,3 %	2,4 %
Recherche pharmaceutique, médicale et biologie	23 %	22,3 %
Physique du solide, physique des matériaux, physique et technologies nucléaires	6,5 %	12,3 %
Mathématiques, mathématiques appliquées et informatique	9,7 %	6,4 %
Géologie, géophysique, hydrologie et traitement de l'eau	8,6 %	8,6 %
Énergie, environnement	7,1 %	7 %
Agronomie, agriculture, médecine et sciences vétérinaires, forêts	19,2 %	23,3 %
Total	100 %	100 %

Maroc. Cette base présentait, en effet, un nombre relativement important de laboratoires qui, sous l'autorité d'un même responsable, ne comptaient parfois qu'un très petit nombre de personnels scientifiques (quelques autres enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens ou parfois seulement des étudiants). Ainsi, un professeur de l'Enseignement supérieur (PES) pouvait-il être le chef de 4 ou 5 laboratoires ne comportant parfois pas plus de deux personnes (PES lui-même, compris). S'agissait-il tout simplement d'équipes de recherche au sein d'un même laboratoire ou même de thèmes de recherche spécifiques au sein de programmes donnés (l'association enseignant/doctorant autour d'un sujet de thèse pouvant même être considérée comme un laboratoire) ?

Il nous a paru dès lors important, avant de présenter les résultats issus du dépouillement de l'enquête, de chercher à les mettre en perspective d'abord au regard de ce que pouvaient être les laboratoires dans d'autres pays (certains pays européens)¹⁸. Nous avons pu voir ainsi qu'il n'existait pas de profil moyen « type » ou « idéal » pour la taille ou le financement des laboratoires en Europe. Plusieurs évaluations récentes d'institutions de recherche françaises¹⁹ suggèrent que, si les grands laboratoires présentent l'avantage de bénéficier de

18. Gaillard et Gaillard, in *Atelier 2*, *op. cit.*

19. CNER, *De nouveaux espaces pour l'évaluation de la recherche*, 1997, Paris : La Documentation française. Les citations suivantes sont extraites de cet ouvrage (p. 281).

moyens plus importants, il leur est plus difficile à terme de garder une cohésion entre des thématiques dont les évolutions ne sont pas toujours convergentes : « la trop grande taille de certaines unités, obtenues par développement endogène ou rassemblement d'unités, est susceptible de nuire à la cohérence, donc à l'efficacité des recherches ». *A contrario*, « la recherche sur objectifs menée au sein d'unités *ad hoc* de petite taille n'est pas nécessairement contraignante, pas plus qu'elle n'est un obstacle à l'innovation ».

Pour ce qui est des financements, les modalités s'avèrent également très contrastées. En France, le financement public à long terme provenant de l'institution est de loin le plus important suivi d'autres fonds nationaux : appels d'offre compétitifs et fondations. En Espagne et en Allemagne, les financements dépendent, à des degrés différents, d'abord des appels d'offre nationaux, puis d'une participation réduite de l'institution (avec en Espagne des fonds régionaux relativement importants). Au Royaume-Uni, ce sont les financements provenant des fondations qui occupent un rôle central suivis des fonds de l'institution. En Italie et en Suède, les budgets dépendent d'abord des appels d'offre compétitifs (comme en Espagne et en Allemagne) mais les financements des fondations sont très importants voire supérieurs à ceux de l'institution en Italie²⁰.

5. Les laboratoires marocains vus par l'enquête : principaux résultats

Cette section présente synthétiquement les résultats obtenus par l'enquête.

5.1. La taille des laboratoires

L'enquête apporte un premier éclairage sur la taille des laboratoires de recherche marocains. L'image donnée corrobore la perception des experts européens qui, après avoir reconnu qu'il existe un flou sémantique autour des appellations données aux collectifs de recherche marocains (laboratoires, groupes, équipes, unités de recherche, etc.), s'accordent sur le fait que ces collectifs ou laboratoires sont le plus souvent de petites unités peu coordonnées entre elles et sans véritable existence formelle. Le mode de réponse au questionnaire (individuel ou collectif) contribue à renforcer l'impression de flou sémantique évoqué plus haut. L'ensemble des 496 laboratoires enquêtés regroupe un total de 2 487 personnes salariées dont 2 079 scientifiques. À ces derniers, il faut ajouter les 1 262 étudiants de troisième cycle. Rapportés à une moyenne par laboratoire, ces chiffres donnent l'image de petites unités de recherche, composées de 5 personnes salariées, dont un peu moins de 4 enseignants-chercheurs ou chercheurs plein-temps et un peu plus d'une personne ITA. Il faut ajouter 2,5 étudiants de troisième cycle soit au total, un peu plus

20. Larédo *et al.*, « A report of the PSR project of the EU TSER programme », 1999, Paris : CSI.

TABLEAU 4

Répartition par domaines scientifiques du nombre moyen de personnel scientifique (PS) par laboratoire

Domaines scientifiques	Personnel scientifique par laboratoire	Étudiants de 3 ^e cycle par laboratoire	Total personnel scientifique
Agronomie, agriculture, médecine et sciences vétérinaires, forêts	3,1	1,8	4,9
Énergie, environnement	4,3	3,5	7,8
Géologie, géophysique, hydrologie et traitement de l'eau	4,3	2,8	7,8
Mathématiques, mathématiques appliquées et informatique	7,1	4,9	12,0
Physique du solide, physique des matériaux, physique et technologies nucléaires	12,9	3	15,9
Recherche pharmaceutique, médicale et biologie	3,6	1,7	5,3
Satellites, Espace et Télécommunications	7,9	4,4	12,3
Sciences de la mer, aquaculture et pisciculture	3,4	2,1	5,5
Sciences de l'ingénieur : génie civil ; génie chimique ; métallurgie et génie mécanique	5,0	2,6	7,6

de 7 personnes par laboratoire. Cette moyenne cache cependant de nombreuses disparités. On s'est attaché à caractériser les variations de taille en fonction des domaines scientifiques (tableau 4).

5.2. Les personnels des laboratoires

Les laboratoires marocains se trouvent très majoritairement dans les universités. En conséquence le personnel de ces laboratoires est dominé par la catégorie des professeurs de l'enseignement supérieur et des enseignants chercheurs. Les chercheurs plein-temps et les ingénieurs de recherche représentent respectivement 8 % et 6 % de l'ensemble des personnels de laboratoire et sont surtout présents au sein des instituts de recherche. Les personnels techniques, techniciens et agents de laboratoire ne représentent que 13 % de l'ensemble. Ils sont très inégalement répartis et ne constituent que 5 % du personnel des laboratoires universitaires. Le personnel administratif est encore moins nombreux (3 % de l'échantillon). L'ensemble des personnels scientifiques est relativement jeune (85 % ont entre 30 et 50 ans), majoritairement masculin (72 %) et très hautement diplômé (51 % ont un doctorat d'État). Leurs diplômes ont été très massivement obtenus au Maroc et en France.

TABLEAU 5
Diplôme le plus élevé des personnels scientifiques par type d'institutions

Institutions	Licence, BSc	Maîtrise, Ingénieur, MSc	DESS, DESA/DEA	Doctorat 3 ^e cycle, docteur ingénieur	PhD, thèse de doctorat	Doctorat d'État
Instituts de recherche	3 %	35 %	17 %	17 %	17 %	11 %
Universités	–	1 %	4 %	18 %	18 %	58 %
Établissements d'éducation supérieure	–	3 %	18 %	13 %	24 %	42 %
Total	–	6 %	7 %	17 %	19 %	51 %

La présence relativement importante d'étudiants de troisième cycle (32 % des personnels de recherche de l'échantillon dans les laboratoires universitaires) est remarquable (tableau 6). Alors que les bourses d'étude se sont considérablement réduites, disparaissant totalement de certains établissements, il est curieux de constater un tel engagement de la part des étudiants. Comme dans de nombreux autres pays, les débouchés dans le monde académique sont devenus rares au Maroc (un peu plus de 10 % ont été embauchés par l'institution qui les a formés au terme de leurs études) et le chômage des diplômés est un problème très largement reconnu dans le pays. Il est évident qu'il existe là un très important réservoir de compétences qui se sont formées et sont en train de se former, tant pour l'exercice de la recherche que pour les métiers scientifiques dans différents secteurs productifs.

Tableau 6
Étudiants de 3^e cycle encadrés et diplômés au cours de 10 dernières années

Nombre d'étudiants	1993 à 1998	1998 à 2002	En cours
Encadrés	936	1 955	1 290
Diplômés	848	1 339	

5.3. Le recrutement des personnels scientifiques

Le niveau de recrutement du personnel scientifique a été particulièrement faible au cours des cinq dernières années. La moyenne de recrutement par laboratoire au cours de cette période est de 0,7 personne par laboratoire. Cela cache bien sûr une réalité plus diversifiée : 94 laboratoires ont embauché 242 personnels scientifiques (soit 2,6 par laboratoire) et 169 laboratoires, soit 64 % de l'ensemble n'ont pas embauché du tout. Par ailleurs, à la question « estimez-vous que le nombre de personnes travaillant dans votre laboratoire est suffisant pour

l'activité scientifique que vous menez » (tableau 7), les responsables de laboratoires ou de collectifs se sont très majoritairement montré satisfaits (70 % ont donné une réponse allant de « aucun manque » à « manque tolérable »).

TABLEAU 7
Perception des responsables de laboratoires relativement au manque de personnel scientifique

Type d'institutions	N'ont pas répondu	Aucun	Insignifiant	Tolérable	Sérieux
Établissements d'éducation supérieure	2	2	4	17	9
Universités	7	7	16	113	49
Instituts de recherche	0	2	10	14	11
Total	9	11	30	144	69

Cela révèle une sorte d'ambivalence de la part de responsables qui, tout à la fois s'accommodent de la situation présente alors qu'ils sont 60 % à estimer que leur laboratoire ne présente pas une masse critique suffisante (tableau 8). En effet, la très grande majorité des chefs de labo (59,7 %) se prononce nettement en faveur d'un regroupement avec d'autres laboratoires pour atteindre une masse critique. Cela constitue un aspect particulièrement positif au regard d'une stratégie visant une synergie des capacités scientifiques en place.

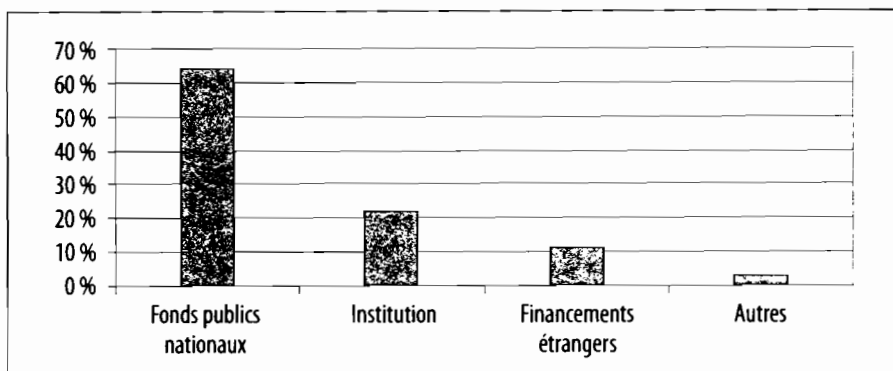
TABLEAU 8
Un regroupement avec d'autres laboratoires est-il souhaitable pour atteindre une masse critique ?

Type d'institution	Oui	Non	Oui et non	Sans réponse
Établissements d'éducation supérieure	21	12	0	1
Universités	118	59	3	11
Instituts de recherche	18	19	1	0
TOTAL	157	90	4	12
Pourcentage	59,7	34,2	1,5	4,6

5.4. Les financements

Les montants des budgets de recherche des laboratoires sont jugés très insuffisants. La moitié des laboratoires, soit 50,5 %, disposent d'une moyenne de moins de 10 000 dirhams (environ 1 000 euros) de budget de fonctionnement annuel par personnel scientifique. L'enquête met toutefois en évidence des situations budgétaires très variées. Une très petite minorité (une vingtaine de laboratoires) dispose de plus de 80 000 € par an, les mieux dotés obtenant la quasi-totalité de leurs budgets de sources nationales et étant très impliqués

FIGURE 4
Origines des financements (%)



dans des activités de prestation de service (santé, agriculture et prospection minière). L'analyse globale de l'origine des financements met d'ailleurs en évidence l'importance déterminante des fonds publics nationaux (64 %). Viennent ensuite les fonds provenant de l'institution (22 %) et les financements étrangers (11 %). Les financements publics nationaux sont dominés par les PARS et les PROTARS. Plus de la moitié des financements étrangers proviennent d'institutions internationales (60 %) dont la moitié de l'Union européenne. La France arrive en tête des coopérations bilatérales mais pas très loin devant l'Allemagne et les États-Unis en montants alloués. Tout en constatant que les budgets moyens par laboratoire et par chercheur sont (à quelques exceptions près) trop faibles pour permettre un fonctionnement normal des laboratoires, il faut reconnaître les efforts importants faits par les autorités marocaines au cours des dernières années (fig. 4).

5.5. Les collaborations

Les arguments en faveur de la collaboration sont convaincants pour des pays comme le Maroc, car la mise en commun des compétences nationales et internationales peut permettre aux laboratoires d'atteindre une masse critique dans un domaine particulier (notamment quand une approche multidisciplinaire est nécessaire) et de partager les coûts.

La très grande majorité des chefs de laboratoires déclarent avoir des collaborations nationales (82,5 %) ou des collaborations internationales (88,2 %). Les trois quarts de ces collaborations (400 sur 547) se font avec des partenaires du secteur public. Toutefois les partenariats avec le secteur privé sont loin d'être marginaux. Parmi les secteurs d'activités, ce sont les collaborations avec le monde de la recherche qui dominent que ce soit dans le secteur public ou dans le secteur privé (respectivement 37 % et 12 %), suivies par celles avec les mondes professionnels de l'agriculture (respectivement 17 % et 5 %), de l'industrie (8 % et 4 %), de la santé (7 % et 3 %), et enfin des services (5 % et 2 %).

TABEAU 9
Importance des collaborations nationales et domaine des partenaires nationaux

Partenaires	Secteur public		Secteur privé	
	Nombre de collaborations	%	Nombre de collaborations	%
Recherche	200	37 %	68	12 %
Agriculture	92	17 %	26	5 %
Industrie	45	8 %	22	4 %
Santé	36	7 %	17	3 %
Services	27	5 %	14	2 %
Total des collaborations	400	74 %	147	26 %

Il s'agit, la plupart du temps de collaborations qualifiées de « régulières »²¹ par les chefs de laboratoires (qu'elles soient nationales ou internationales) et qui durent sur un moyen terme (entre un et trois ans pour 39 % des collaborations nationales et pour 45 % des collaborations internationales). Ces dernières s'articulent surtout autour de projets de recherche en commun avec un laboratoire partenaire (44 %) et favorisent la mobilité des chercheurs entre le Maroc et le pays partenaire : 16 % d'entre elles concernent des échanges de personnel scientifique et 16 % permettent de réaliser des travaux scientifiques chez le partenaire.

Sur un ensemble de 622 collaborations internationales déclarées au cours des 5 dernières années, deux tiers sont localisées en France (413 collaborations). Avec 66,4 % des collaborations internationales, la France est de loin le premier partenaire scientifique du Maroc. Elle est suivie par l'Espagne (10,0 %), la Belgique (4,7 %), et trois autres pays obtenant chacun environ 4 % de ces collaborations : l'Allemagne, le Canada et l'Italie. Les États-Unis n'arrivent qu'en septième position avec 3,5 % des collaborations internationales mesurées en nombre de collaborations.

Ces collaborations internationales entraînent des publications dans des revues internationales avec des auteurs étrangers. Le tableau 10 permet de constater qu'il existe une corrélation relativement étroite entre l'importance des collaborations internationales avec un pays donné (3^e colonne) et le nombre de co-publications avec des auteurs de ce même pays (4^e colonne). Ainsi, à quelques exceptions près, le classement par pays reste approximativement le même, la France étant très largement en tête de classement, avec sensiblement la même proportion de co-auteurs français (65 %) que de collaborations inter-

21. Le questionnaire offrait le choix entre « régulières » ou « occasionnelles ».

TABLEAU 10
Les principaux pays partenaires scientifiques du Maroc

Pays	Nombre de collaborations	Pourcentage des collaborations	Publications avec co-auteurs étrangers
France	413	66,4 %	65 %
Espagne	62	10,0 %	4 %
Belgique	29	4,7 %	3 %
Allemagne	27	4,3 %	2 %
Canada	26	4,2 %	2 %
Italie	25	4,0 %	5 %
États-Unis	22	3,5 %	9 %
Royaume-Uni	8	1,3 %	2 %
Suisse	7	1,1 %	1 %
Suède	3	0,5 %	1 %
Autres	53	8,5 %	6 %
Total	622	100 %	100 %

Source colonne de droite : ISI (1991-1999).

nationales avec des chercheurs français (66,4 %). Ce classement est toutefois notablement bouleversé pour deux pays : les États-Unis qui représentent 9 % des co-publications avec le Maroc pour 3,5 % des collaborations et l'Espagne qui ne réalise que 4 % des co-publications pour 10 % des collaborations.

5.6. La documentation scientifique

L'accès à la documentation scientifique et technique pose un réel problème pour la majorité des laboratoires enquêtés. Pour se procurer leur documentation les chercheurs doivent, soit engager leurs propres finances (pour 34 % d'entre eux), soit compter principalement sur leurs partenaires étrangers (pour 35 % d'entre eux).

La non-existence d'un système d'accès à la documentation semble être la raison qui prévaut parmi les réponses données par les responsables de laboratoires à cette question, à savoir l'absence de financements (au niveau de l'institution et du laboratoire) et l'absence de systèmes de prêts interinstitutionnels. Ces réponses sont confortées par les raisons « autres » que les responsables de laboratoires ou de collectifs de laboratoires donnent pour compléter les propositions faites par le questionnaire. Parmi celles-ci on trouve les raisons finan-

TABLEAU 11
Différents modes d'accès à la documentation

Dans le laboratoire la documentation est :	Pourcentage
Personnelle (achetée sur les fonds personnels des chercheurs)	34 %
Disponible au labo (achetée sur les fonds du laboratoire)	7 %
Disponible au sein de l'institution	9 %
Disponible grâce à nos partenaires marocains (exemple : prêts interinstitutionnels)	5 %
Disponible grâce à nos partenaires étrangers	35 %
Autre	10 %

Sur 257 réponses.

cières : l'instabilité des fonds d'une année sur l'autre, le coût rédhibitoire de certains abonnements et ouvrages, l'absence de budget prévu à cet effet, l'accès aux résumés et non pas aux publications entières trop coûteuses. Des raisons de fonctionnement sont également mentionnées : difficultés administratives pour commander des publications à l'étranger et les payer, mauvais fonctionnement des centres de documentation, isolement des institutions, lourdeur des procédures administratives, pas ou peu d'esprit de collaboration et d'échange scientifique et technique entre chercheurs et institutions.

Il semble que ce sont là des raisons de nature institutionnelle et qu'une prise en compte, par les institutions de recherche, du caractère primordial que joue la documentation scientifique et technique en tant qu'outil conditionnant la production scientifique et son inscription dans la science mondiale, serait un préalable pour commencer à résoudre certaines des difficultés rencontrées par les scientifiques de l'échantillon.

L'écrasante majorité des chercheurs (87,3 %) sont connectés au réseau Internet. Toutefois, l'accès aux terminaux doit se partager entre plusieurs chercheurs dans plus de la moitié des laboratoires. La plupart sont à deux ou trois par machine, cependant, 5 responsables de petits laboratoires répondent que leurs équipes ne disposent, au sein de leur institution, que d'un terminal pour plus de 20 scientifiques (un d'entre eux signale qu'ils sont 50 à devoir se le partager). De plus, environ un tiers des responsables enquêtés utilisent des adresses électroniques personnelles (souvent à l'étranger – il s'agit dans ce cas, le plus souvent, d'un serveur en France) plutôt que des adresses institutionnelles. La connexion au réseau MARWAN (Maroc Wide Area Network), le réseau national dédié à l'éducation, la formation et à la recherche d'information, semble beaucoup moins importante. Seulement 51 responsables (soit à peine 20 %) déclarent y être connectés. Se pourrait-il que pour une partie des autres, leurs institutions soient connectées sans qu'ils le sachent ?

5.7. Les équipements de recherche

La question des équipements de recherche (et de leur maintenance) a été relevée de façon unanime comme un problème important par les experts européens qui ont observé une pénurie d'équipements (acquisition difficile – même pour les petits équipements – en raison du coût, des intermédiaires, des délais dus aux formalités administratives, des droits de douanes pénalisants) et des carences fréquentes de maintenance (principalement du fait d'un manque de techniciens spécialisés). Il n'est donc pas étonnant qu'à la question « votre laboratoire est-il raisonnablement équipé ? » la très grande majorité (87 %) des 259 chefs de labos ait répondu « non ». Parmi les principaux handicaps à l'acquisition du matériel, les responsables de laboratoires signalent avant tout le manque de financement qui, aux yeux de 88 % d'entre eux, constitue le problème principal (pour 67 % il est « très contraignant » et pour 21 % il est « très important »). Viennent ensuite les aspects administratifs des procédures d'acquisition, d'abord le passage obligatoire par les marchés publics qui constitue une difficulté pour 64 % des chefs de laboratoires (« importante » pour 18 % d'entre eux et « très contraignante » pour 46 %), puis les délais de paiement de l'administration, signalés par 59 % des répondants comme un problème (« important » pour 22 % et « très contraignant » pour 37 %).

La maintenance des équipements de recherche n'apparaît pas comme la plus préoccupante aux yeux des responsables de laboratoires. Les problèmes liés à la maintenance sont signalés comme étant importants dans moins de la moitié des laboratoires (43 % des réponses : 16 % les signalent comme « importants » et 27 % « très contraignants »). Toutefois, si on met en perspective ces réponses avec celles données aux questions concernant l'entretien des équipements eux-

TABLEAU 12
Les principales difficultés pour l'acquisition des équipements de recherche

Raison invoquée	Échelle d'insatisfaction			
	Peu important	Moyennement important	Important	Très contraignant
Manque de financements	2 %	5 %	21 %	67 %
Manque d'informations	32 %	13 %	5 %	5 %
Difficultés d'importation	14 %	11 %	21 %	24 %
Passage obligatoire par les marchés publics	5 %	9 %	18 %	46 %
Délais de paiement de l'administration	6 %	11 %	22 %	37 %
Manque de savoir-faire technique pour utiliser et assurer la maintenance du matériel	10 %	17 %	16 %	27 %

TABLEAU 13
Production scientifique par chercheur et par an

Nature de la publication	Nombre total 5 ans	Moyenne par an	Moyenne par an et par chercheur
Communications publiées dans des actes de colloques	4 027	805,4	0,410
Articles dans des revues internationales	3 413	682,6	0,348
Articles dans des revues nationales	879	175,8	0,090
Chapitres d'ouvrages collectifs	66	13,2	0,007
Ouvrages scientifiques en tant qu'auteur	60	12	0,006
Ouvrages scientifiques en tant qu'éditeur scientifique	47	9,4	0,005
Total	8 492	1 698,4	0,866

mêmes, il apparaît pourtant que les trois quarts (73 %) de ces responsables de laboratoires estiment que les appareils de leur labo sont plutôt « non réparés », ce qui implique le remplacement par un équipement neuf dans une petite minorité de situations (10 % des cas) ou son non remplacement (dans la grande majorité des cas). Cela confirme les rapports des experts européens et les interviews qui signalent cet aspect comme étant un problème de terrain plutôt grave.

5.8. La production scientifique

Mesurée en nombre de publications, cette production a connu une croissance remarquable au cours des cinq dernières années. La productivité par chercheur reste toutefois relativement modeste. En moyenne annuelle chaque chercheur serait l'auteur de 0,4 communication publiée dans des actes de colloques, un peu moins de 0,4 article dans des revues internationales et 0,09 article dans des revues nationales. La faible importance relative des publications nationales interpelle. La contribution des chercheurs aux ouvrages scientifiques est encore plus faible (respectivement 7 chapitres d'ouvrages, 6 ouvrages en tant qu'auteur et 5 ouvrages en tant qu'éditeur scientifique pour mille chercheurs et par an).

Ces moyennes générales par chercheur dissimulent des situations très diversifiées : un grand nombre de laboratoires publient peu alors qu'un petit nombre publient beaucoup, et ceci, quelle que soit la nature des publications. La moitié (49 %) des chefs de laboratoire ont répondu qu'ils valorisaient les résultats de leurs recherches par le moyen de la formation permanente.

Près de la moitié (45 %) déclarent avoir obtenu des résultats de recherche qui ont donné lieu à 278 applications pratiques.

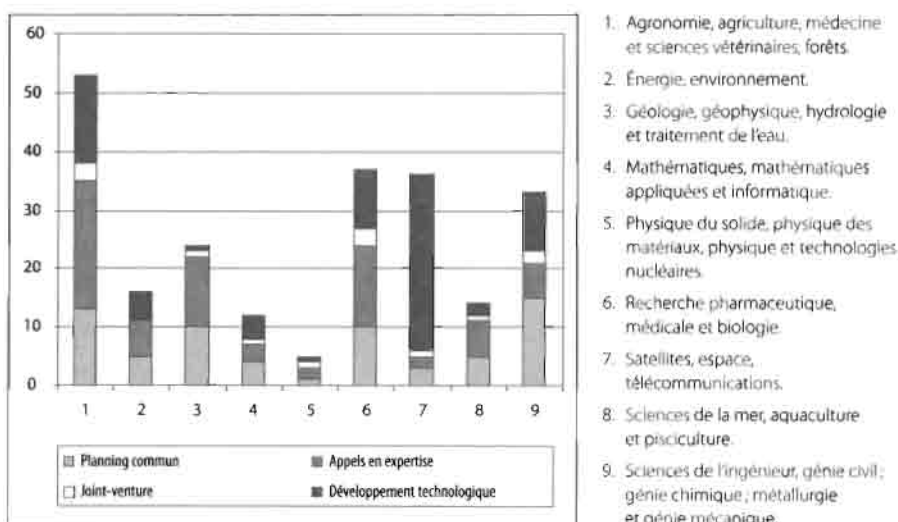
TABLEAU 14
Types de pérennisation des collaborations avec les partenaires économiques

Types de pérennisation	Fréquence
Appel en expertise	73
Planning commun des activités de recherche	66
Participation aux activités de développement technologique du partenaire	53
Joint-venture au niveau de la production	13

Concomitamment, 48 brevets ont été déposés par 24 laboratoires ou collectifs au cours des 10 dernières années. Les domaines dans lesquels le plus de brevets ont été déposés sont les mêmes que ceux qui déclarent le plus grand nombre d'applications. Les 48 brevets sont concentrés dans quelques laboratoires. Alors que 12 laboratoires déclarent un brevet et un seul, les 12 laboratoires restant concentrent 36 brevets (dont 1 laboratoire qui a obtenu 8 brevets, un autre qui en a obtenu 5, et respectivement 3 et 7 laboratoires qui ont obtenu 3 et 2 brevets).

Parmi les 547 collaborations identifiées par l'enquête (tableau 14) 205 ont pu se pérenniser avec les partenaires du secteur économique ou productif.

FIGURE 5
Répartition par domaine des activités
qui se sont pérennisées avec les partenaires économiques



6. Analyse des résultats et conclusion

6.1. Rappel synthétique

Les résultats présentés ci-dessus donnent une image contrastée des laboratoires de recherche marocains, constitués majoritairement de petites unités (un peu plus de 7 personnes en moyenne) et principalement situés dans les universités (82 %), disposant d'un personnel surtout masculin (72 %) et très hautement diplômé (51 % ont un doctorat d'État) partageant leur temps entre l'enseignement et la recherche. Nombre de ces laboratoires ne disposent pas d'une masse critique suffisante et pourraient bénéficier d'un regroupement dans le cadre de collectifs de recherche de taille plus importante qui renforcerait la synergie des capacités scientifiques disponibles et conduirait à une plus grande cohérence scientifique et thématique.

Malgré des situations très variées, les budgets de recherche sont généralement insuffisants. L'analyse de ces derniers met en évidence l'importance déterminante des fonds publics nationaux (64 %). L'accès à la documentation scientifique et technique pose un réel problème. Même si la très grande majorité des laboratoires (87,3 %) est connectée au réseau Internet au moment de l'enquête, les chercheurs utilisent souvent leur connexion personnelle pour leurs échanges professionnels, les terminaux des laboratoires étant dans plus de la moitié des cas partagés et parfois difficiles d'accès. L'équipement scientifique est jugé insuffisant par 87 % des chefs de laboratoires, principalement pour des raisons d'ordre budgétaire, puis administratives. La maintenance de ces équipements est très aléatoire.

Malgré cela, la production scientifique marocaine mesurée en nombre de publications a connu une croissance remarquable au cours des cinq dernières années. La productivité par chercheur reste toutefois relativement moyenne voire faible avec toutefois des disparités très marquées. La moitié (49 %) des chefs de laboratoires ont répondu qu'ils valorisaient les résultats de leurs recherches par le moyen de la formation permanente. Près de la moitié (45 %) déclarent avoir obtenu des résultats de recherche qui ont donné lieu à des applications pratiques mais seulement 48 brevets ont été déposés par 24 laboratoires au cours des 10 dernières années.

La communauté scientifique marocaine représente un fort potentiel hautement qualifié mais largement sous-utilisé notamment au sein des établissements d'enseignement supérieur où près de 10 000 enseignants (sur 14 522 recensés en 2000 par le CNCPRST) ne feraient pratiquement aucune recherche. Enfin, cette enquête montre qu'il existe au sein des laboratoires de recherche, malgré un marché du travail peu favorable, un nombre important d'étudiants de 3^e cycle en cours de formation qui représente également un très important réservoir de compétences pour l'avenir.

6.2. Aspects méthodologiques

Au vu des résultats présentés ci-dessus, il apparaît que la méthode d'enquête utilisée a permis une collecte puis un traitement des informations particulièrement efficaces dans un laps de temps relativement court (entre janvier et mars 2003). Toutefois ces résultats seraient sans valeur s'ils n'étaient issus d'un échantillon maîtrisé et dont les biais ont pu être identifiés par rapport à l'ensemble de la population que l'on cherchait à examiner. Cette maîtrise a été rendue possible grâce à la pré enquête effectuée par les autorités marocaines et poursuivie, en accord avec ces autorités, par les auteurs de l'enquête. Ce travail a permis d'avoir une cartographie relativement fiable de l'ensemble des laboratoires de recherche marocains ainsi que de leur contexte institutionnel.

Les difficultés les plus importantes inhérentes à la méthode sont liées à la nature volatile des adresses électroniques. Cela est particulièrement vrai pour les adresses personnelles (lesquelles ont été utilisées dans un tiers des réponses) dont on change facilement en fonction de l'offre du marché et que l'on ne diffuse que dans un entourage « proche ». Les adresses professionnelles sont plus faciles à retrouver grâce aux sites web des institutions (lesquelles n'en étaient cependant pas toutes dotées au Maroc). En conséquence, si l'on veut atteindre la population que l'on cherche à joindre, il faut pour le moins disposer d'une liste d'adresses électroniques très récente.

Une enquête que l'on remplit « en ligne » sur un site web contourne cette difficulté mais comporte, dans le cas présent, deux difficultés majeures : une pénalisation (voire exclusion) des personnes répondant à partir de leur propre terminal (en fonction du coût plus ou moins élevé de la communication locale liée au temps de remplissage de l'enquête) et une difficile maîtrise de l'échantillon (comment mesurer sa représentativité) si l'on ne dispose par, par ailleurs, d'informations générales fiables sur l'ensemble de la population que l'on cherche à étudier (en l'occurrence nombre de laboratoires, lieux d'implantation et domaines de recherche).

Une fois ces difficultés résolues, il apparaît qu'avec une gestion rigoureuse, cette approche qui présente de nombreux avantages liés à la souplesse, à la multiplicité et à la rapidité des échanges possibles, devient un outil très « personnalisé » grâce à l'interactivité qui la caractérise. Outre la multiplication des relances (qui étaient forcément limitées dans le cas d'enquêtes postales) la méthode permet, quand cela est nécessaire, un ajustement très fin des réponses. Partant, il serait erroné de croire que l'enquête électronique est un outil qui fait gagner du temps car si elle permet une gestion plus « technologique » des facettes de l'enquête, elle multiplie les échanges (vraisemblablement pour une meilleure qualité des résultats) tout en exigeant de l'enquêteur un suivi attentif et rigoureux de chaque étape de son déroulement.

C'est donc un outil pertinent, utilisable dans le cadre de l'évaluation des systèmes nationaux de recherche parce qu'il apporte, par sa complémentarité

aux autres approches (inventaire, bibliométrie, évaluation des domaines scientifiques par des experts), un éclairage quantitatif sur la réalité des laboratoires (leur personnel, leurs pratiques, leur production, leurs financements, etc.). Si l'enquête s'appuie sur un inventaire ou sur un répertoire déjà existant qui autorise la constitution d'un échantillon représentatif préalablement à l'enquête ou qui, comme dans le cas présent, permet la maîtrise *a posteriori* de l'échantillon, ses résultats peuvent être validés au niveau national. Dans le cas contraire ils peuvent constituer une première approximation du potentiel national de recherche et indiquer ses tendances plus ou moins fortes permettant l'élaboration de politiques scientifiques *ad hoc*.

TROISIÈME PARTIE

Rapports d'experts

(Extraits et résumés réalisés par Mina Kleiche Dray et Roland Waast)

Mathématiques : expert **CLAUDE LOBRY**

Physique : expert **YVES FARGE**

Chimie et chimie des substances naturelles : experts **GUY OURISSON & THIERRY SEVENET**

Géosciences (sciences de la Terre) : experts **MICHEL STEINBERG et JACQUES GIRARDEAU**

Agronomie, agriculture, forêts : experts **DANIEL RICHARD-MOLLARD, JACQUES GAILLARD, FRANÇOIS LE TACON, TREVOR JOHN PERFECT**

Sols : expert **ALAIN RUELLAN**

Hydrologie et traitement de l'eau : expert **DIETER PRINTZ**

Biomédecine et santé : expert **ANNE-MARIE MOULIN**

Sciences de la mer et aquaculture : expert **MARCELO DE SOUSA VASCONCELOS**

Mécanique et Génie mécanique : expert **CLAUDE CONTI**

Énergie : expert **YVES FARGE**

Sciences et techniques de l'information et de la communication (STICs) : expert **JEAN-PIERRE TUBACH**

CHAPITRE 7

Les mathématiques

EXPERT CLAUDE LOBRY

— *Le rapport s'ouvre sur un rapide panorama de la situation de la discipline dans le monde. Suit une discussion serrée sur l'intérêt de la cultiver dans les pays en développement.*

— *Le chapitre suivant présente la situation au Maroc (« une nation mathématique »), les chercheurs, les difficultés rencontrées, les sujets traités, les responsabilités de la communauté scientifique.*

— *Le rapport s'achève par une « tentative d'analyse » et quatre recommandations (soutien de base, structures de pilotage, coopération avec le Nord, coopération avec l'Afrique).*

- *Nous suivrons le même plan.*

1. Résumé

Ce rapport porte sur les mathématiques dans tous leurs aspects, incluant les mathématiques appliquées et le calcul scientifique. La recherche en didactique des mathématiques et les sciences informatiques sont à peine effleurées¹.

En recherche mathématique, le Maroc dispose d'un potentiel humain à la fois très important et d'une grande qualité. Les chercheurs marocains sont très bien insérés dans le système international de la recherche mathématique, ils publient significativement, parfois dans des revues de très grand renom.

Ce potentiel n'est pas opportunément exploité, faute des financements minimes qui permettraient à la communauté de se structurer et de prendre des options stratégiques. Les pesanteurs administratives sont également un frein considérable.

Il ne fait pas de doute que si ces obstacles étaient levés le Maroc deviendrait très rapidement une « nation mathématique » qui pourrait être un partenaire de poids pour l'Europe et jouer un rôle de premier plan en Afrique. Il faudrait procéder vite car la communauté est fragile. Les chercheurs peuvent se décourager et se replier sur des stratégies individuelles plus gratifiantes à court terme que la participation à la construction d'une « mathématique marocaine ».

1. La recherche en informatique est analysée dans un autre rapport : celui sur les STIC.

2. La discipline au Nord et au Sud

Quel rôle peut encore jouer la recherche mathématique à court et moyen terme ? Quels moyens est-il raisonnable de consacrer au développement de recherches aussi fondamentales dans un pays où la pauvreté et l'illettrisme sont encore des problèmes majeurs ? Pour répondre correctement à cette question, il faut avoir une idée de la place et du mode de fonctionnement de la recherche mathématique dans les pays industrialisés. Nous reviendrons ensuite sur le rôle de la recherche mathématique dans les pays en développement.

2.1. La dynamique de la discipline

La recherche mathématique est extraordinairement vivante. Il n'existe pas de domaine des mathématiques qui n'ait connu depuis un siècle des progrès considérables ou des refontes conceptuelles essentielles. Ces avancées ont été décisives pour l'humanité.

Ainsi, l'informatique qui bouleverse les techniques, l'économie et notre vie quotidienne, repose sur des théories mathématiques à la fois ardues et très récentes. Il est possible de multiplier les exemples, pour montrer qu'aucune activité, quelle se développe dans des pays hautement industrialisés (conquête spatiale, finance) ou qu'elle concerne les pays les plus pauvres (agronomie, exploitation des océans) n'échappe aux mathématiques. Elle montre également que toutes les disciplines mathématiques interviennent².

Comment se fait la recherche ? Massivement, les chercheurs en mathématiques sont des universitaires. *Enseignants-chercheurs*³, ils sont tenus, en plus de leur travail pédagogique, de faire de la recherche. Pour cela ils ont des moyens financiers propres et, pour maintenir l'émulation, leur carrière dépend en grande partie de l'efficacité de leur recherche.

Une partie des moyens de la recherche est appelée « soutien de base ». À ce système s'est ajouté celui des « programmes incitatifs ».

Le « *soutien de base* » est essentiel, car il permet aux mathématiciens d'accéder à la documentation, et aux communautés de spécialistes de se structurer (rencontres à dates régulières). Ces crédits (d'État) sont affectés sur la base de l'excellence passée des équipes, par des commissions représentatives des mathématiciens.

Les *programmes incitatifs* demandent à la communauté mathématique de mettre sa compétence au service de recherches plus pratiques. Ce *double pilotage* de la recherche mathématique fait l'objet d'un large consensus. Le « soutien de base » est indispensable à la constitution de la communauté des chercheurs

2. Le rapport fournit une page d'exemples, qui mettent en jeu le calcul mathématique, le calcul stochastique, la récente théorie des ondelettes, la théorie des nombres, les équations différentielles, la géométrie, les méthodes statistiques.

3. Leur existence en grand nombre s'explique par le besoin où sont toutes les disciplines scientifiques d'utiliser les mathématiques, et donc de les voir enseigner.

et les « programmes incitatifs » permettent l'ouverture de cette communauté sur l'extérieur⁴.

Trait particulier : la recherche mathématique est largement *structurée par la communauté même* des mathématiciens. Celle-ci s'institutionnalise dans des Sociétés savantes et des Académies. Elle a ses organes de régulation, participe à des commissions d'évaluation, à la gestion collective (répartition de financements). Elle s'efforce de doter ses membres d'outils de travail (comme la base de données *ZMath* utilisée dans ce rapport), et de constituer une force de proposition sur les stratégies les mieux adaptées pour développer la discipline.

2.2. Mathématiques et développement

Un pays en développement peut, semble-t-il, se passer de la recherche mathématique. En effet, les théorèmes mathématiques ne sont pas protégés par des brevets ! Puisque ces résultats sont publics, pourquoi ne pas les utiliser au fur et à mesure des besoins, remettant à plus tard sa propre contribution à l'extension du savoir universel ?

Pareille approche n'a rien de scandaleux. Mais ce serait une erreur catastrophique. S'il est vrai que l'accès à l'information sur les résultats mathématiques les plus récents est gratuit, l'accès à la *connaissance* mathématique a, lui, un coût : celui de l'enseignement et de la recherche.

Celui qui possède une bibliothèque pleine de livres de mathématiques ne possède rien s'il ne comprend pas le sens de ce qui y est écrit. Un bachelier scientifique peut comprendre une grande partie des résultats démontrés jusqu'à la fin du XVIII^e siècle. Ses professeurs peuvent comprendre ce qui s'est fait jusqu'en 1950 environ. Pour les résultats plus récents, seul un chercheur actif pourra en saisir le sens, et les utiliser éventuellement.

Cette utilisation sera d'un grand besoin dans un proche avenir. C'est aujourd'hui qu'il faut des enseignants chercheurs, pour former les professeurs de la future génération d'ingénieurs et de techniciens. Dans un certain nombre de secteurs (industries, transports, santé, services etc.) le Maroc aura en effet rejoint au plan technique le savoir faire des pays développés. Il fera donc un usage significatif de techniques mathématiques récentes.

Cette question de la formation des futurs cadres techniques est importante. Mais elle n'est pas la seule qui justifie la présence d'une *recherche mathématique vivante dès maintenant*.

En effet de nombreuses questions très concrètes et très importantes, comme : 1) la gestion des stocks de poisson ; 2) la répartition optimale des

4. Il reste enfin un dernier mode de financement de la recherche mathématique, directement par des contrats militaires ou industriels. Ce mode de financement, en cours de développement, existe dans les pays qui disposent d'industries puissantes. Il est difficile de dire ce qu'en est l'avenir. Chose certaine, même dans les pays les plus industrialisés, l'essentiel de la recherche mathématique reste financée par des deniers publics.

ressource hydrauliques d'un barrage entre la production d'électricité et l'irrigation ; 3) la régulation du trafic automobile dans une ville, 4) la protection contre l'avancée des dunes,... et bien d'autres, font appel à ce que l'on appelle la « *modélisation* ».

Nombre de « bureaux d'études », publics ou privés, proposent dans les pays industrialisés leurs services pour faire des « *modèles d'aide à la décision* ». Le Maroc pourrait s'adresser à eux ; mais il ne peut pas reposer entièrement sur cette solution ⁵.

De bons chercheurs en mathématiques peuvent s'y substituer ⁶. Ils peuvent aussi juger si une technique mathématique est appropriée et, si ce n'est pas le cas, proposer des équipes plus compétentes grâce à leur réseau informel de relations avec les chercheurs du monde entier

Quelle peut être la forme optimale d'organisation d'une recherche mathématique au Maroc ? Un expert étranger, compétent dans la discipline mais peu averti des dispositifs de recherche du pays (et sceptique sur l'existence de recettes passe partout) ne peut répondre qu'avec la plus grande prudence. Il ne peut donc raisonner que par rapport à ce qu'il pense être universel dans la recherche mathématique. Pour ma part je ne ferai que la remarque suivante.

La recherche mathématique, contrairement à ce que pourrait laisser penser une vue superficielle des choses, est une aventure collective. Aussi génial soit-il, un mathématicien a besoin des autres, ne serait-ce que pour que son travail soit reconnu. *La collectivité des mathématiciens doit donc être organisée* avec des structures spécifiques. Quelles doivent elles être ? Ce n'est certes pas aux mathématiciens seuls d'en décider, mais il serait illusoire de légiférer contre l'avis de la communauté. Avant toute décision de nature réglementaire, toute décision de construction de grands équipements (centre de documentation national, développement des grands moyens de calcul) *la communauté* doit être consultée d'une façon ou d'une autre.

3. Le dispositif de recherche marocain : description

Notre évaluation n'est pas celle de la qualité des recherches mathématiques en elles mêmes ; mais celle du dispositif de recherche, c'est à dire de l'ensemble des moyens humains et matériels qui sont au service de la recherche mathé-

5. Elle risque d'être chère, et ne créera pas d'emploi sur place. En outre, si la question posée a rapport avec une négociation internationale (par exemple dans le cas des ressources halieutiques) l'expert peut être juge et partie. Et si la question posée n'intéresse que peu les bureaux d'étude étrangers, il est à craindre que le marché soit confié à des incompetents. Au lieu de cela, le potentiel mathématique national est largement de niveau.

6. Mieux vaut s'adresser à des mathématiciens professionnels qu'à des amateurs formés sur le tas. Même s'ils sont connaisseurs du secteur demandeur, ils sauront surtout utiliser ou vendre du logiciel tout prêt, mais non concevoir des solutions sur mesure.

matique. On essayera de voir si ces moyens sont quantitativement suffisants, de qualité satisfaisante et utilisés de façon optimale.

3.1. Le dispositif de recherche marocain

Les facultés sont officiellement organisées en **départements d'enseignement** qui recouvrent les grandes disciplines traditionnelles⁷. Les UFR (Unités de formation et de recherche) dispensent des enseignements sanctionnés par un diplôme d'études supérieures (DESA) et accueillent les étudiants en cours de thèse.

L'unité de base de la recherche est un petit groupe allant de 2 ou 3 enseignants chercheurs à, exceptionnellement, plus de 20, la moyenne se situant aux environs de 6 à 10. Cette unité, selon les cas, s'appelle équipe ou, le plus souvent, « laboratoire ». Dans ce rapport, on utilisera le mot « équipe de recherche » qui est plus naturel pour des petits groupes.

Les départements et UFR sont les *seules structures officiellement reconnues* par les facultés et le ministère. Les départements reçoivent de la faculté à laquelle ils appartiennent un budget de fonctionnement (typiquement 20 000 € pour 50 enseignants-chercheurs) destiné à assurer les dépenses de secrétariat (téléphone, photocopie...) et de pédagogie (polycopiés, maintenance informatique...). Il n'existe pas de ligne spécifique pour la recherche⁸ ! Les UFR reçoivent, en principe, directement de l'université, une dotation qu'on peut considérer comme destinée à la recherche. Il semble que cette dotation soit très faible (1 000 à 2 000 €) et arrive très lentement.

Le rapport procède ensuite à la description des établissements visités. Il inventorie le nombre de chercheurs, la structuration (en UFR, en équipes – avec leurs spécialités –), le nombre et le type des publications (d'après les rapports recueillis).

Il évalue la qualité d'après le nombre de citations dans la base ZMath. Cette base spécialisée dans les mathématiques, dont l'intérêt est de sélectionner dans un large éventail de revues mathématiques un nombre restreint d'articles, associe à chacun un double rapport contradictoire, ce qui permet d'en situer l'intérêt. C'est en soi un signe de qualité que d'y figurer.

Il en ressort que dans chaque établissement, chaque équipe compte un ou quelques chercheurs cités dans cette base de façon significative (plus de 5 références), voire soutenue (plus de 10 : Oujda) et parfois importante (plus de 20 : Marrakech, ENS Rabat). Ces articles sont publiés dans des Revues à tout le

7. Nous n'avons pas rencontré de département d'informatique autonome ; mais des départements de Math-Info. Les départements sont presque toujours gérés de façon collégiale. Les UFR sont de création récente, accréditées pour une durée de deux ans par des commissions de spécialistes. Les doyens de faculté sont nommés par décret royal (après concours).

8. Dans tous les départements visités une grande partie de la dotation de fonctionnement est utilisée pour acheter une documentation scientifique minimale, qui servira plus à la pédagogie qu'à la recherche.

moins de qualité, et parfois de tout premier plan (Facs Rabat, Oujda, Marrakech ; automatique à l'Ensem Casablanca). Certaines équipes (signalées) ont une orientation « mathématiques appliquées » assez marquée⁹.

Le tableau est celui d'une recherche très active, et *d'excellente qualité sur tout le territoire*.

3.2. Problème majeur : l'accès à la documentation

Toutes les personnes rencontrées se plaignent de la difficulté d'accès à la documentation. La quasi totalité des bibliothèques a dû renoncer à tout abonnement à des périodiques mathématiques. Cette situation est dramatique car *la recherche mathématique est particulièrement dépendante de l'accès à la littérature*. Les chercheurs pallient cette absence de centre de documentation à travers leurs coopérations Nord-Sud et l'envoi de documents par internet. *Cette solution n'est pas bonne* et il ne fait pas de doute que *la recherche mathématique marocaine est gravement entravée* par cette difficulté d'accès à la documentation.

Compte tenu du coût actuel des périodiques mathématiques, la solution est sans doute de développer (pour commencer) un centre national associé à des centres plus spécialisés dispersés sur le territoire. L'Institut marocain de l'information scientifique et technique (IMIST), en cours de réalisation, devrait jouer un rôle important dans cette opération.

La création d'un tel centre est une affaire extrêmement complexe et coûteuse. Elle ne peut en aucun cas être conçue en dehors de représentants dûment mandatés de la communauté des chercheurs qui orienteront la politique de croissance du centre et sa gestion. Une collaboration avec l'Europe est à rechercher¹⁰.

Second problème : il n'existe nulle part de *puissance de calcul* significative. C'est une entrave *pour la recherche en informatique*, et pour certaines branches mathématiques.

4. La communauté marocaine des chercheurs en mathématiques

4.1. Les thèmes de recherche abordés

Nous n'avons pas visité tous les centres actifs en recherche mathématique ; et nous n'avons pas trouvé de rapports d'activité synthétiques, ni de documents

9. Diverses particularités sont mentionnées : 1) dans les instituts de formation des cadres, non rattachés à l'université, la *tutelle ignore, ou minore* à l'extrême l'activité de recherche. Il n'y a pas d'UFR, les enseignants, même docteurs d'état, ne peuvent diriger de thèse et en souffrent. Ce même problème est soulevé dans d'autres rapports, à propos des « chercheurs purs », voire de certaines grandes écoles (Rapports STIC, Biomédecine) ; 2) une université privée a été visitée. Elle a une jeune équipe pédagogique, dynamique et compétente. Il n'y a pas d'activité de recherche constituée en mathématique (mais quelques enseignants ont une activité individuelle).

10. Y compris Société mathématique européenne.

statistiques globaux. Il ne nous est donc pas possible de décrire l'ensemble des thèmes de recherche abordés au Maroc, et d'évaluer leur place dans le contexte international. Compte tenu de l'éventail des spécialités, il y faudrait d'ailleurs une équipe de 6 à 15 experts au moins. Ce travail reste donc à faire et ce qui suit ne doit être considéré que comme une « première impression »

Presque tous les grands thèmes des mathématiques semblent abordés. Nous avons noté : *analyse harmonique, théorie des opérateurs, analyse complexe, géométrie, probabilités et statistiques, théorie des nombres, équations aux dérivées partielles, systèmes dynamiques, analyse numérique, mathématiques de l'ingénieur...* Les sujets travaillés sont la plupart du temps des sujets modernes où la compétition internationale est vive. Sur tous les sujets abordés, *la compétence observée* (à l'aide des citations dans la « base ZMath ») est toujours honorable et parfois excellente. De très nombreux mathématiciens Marocains pourraient sans problème se faire embaucher dans les universités des pays industrialisés.

La proportion des mathématiciens rencontrés ayant un *souci des applications* est importante et plusieurs sujets de recherche sont en prise directe avec des réalités du pays : en témoigne leur reconnaissance par les PROTARS. Toutefois les mathématiciens se plaignent de ne pas avoir d'interlocuteurs intéressés dans le monde industriel ; et dans certains domaines (comme le développement du logiciel informatique) ils craignent de finir comme *sous-traitants* (bon marché) dans des programmes internationaux.

Historiquement, dans les pays industrialisés, la science informatique (dans ses aspects théoriques) a pris ses racines dans les départements de mathématiques. Il semble que le Maroc ait suivi cette voie.

Dans chaque département, l'équipe ou le laboratoire d'informatique représentait entre 10 % et 20 % du potentiel du département, exceptionnellement 30 %. Les chercheurs étaient presque toujours des chercheurs formés dans d'autres disciplines et les thèmes de recherche étaient souvent marginaux.

Si ce constat devait être corroboré par un expert compétent¹¹ et devait refléter l'ensemble de la recherche informatique, il serait inquiétant. Un dispositif scientifique de l'importance de celui du Maroc doit à *tout prix posséder un ou deux laboratoires* pratiquant une recherche informatique de pointe. En particulier la recherche mathématique elle-même ne pourra pas se développer en l'absence de compétences informatiques¹².

11. On se reportera à un autre rapport, sur les STIC, qui confirme largement le diagnostic.

12. Il est dommage que notre compétence et le peu de temps que nous avons pu lui consacrer ne nous permettent pas de porter un jugement sur le travail effectué en *recherche didactique*. Cette dernière semble bien vivante. Elle est structurée en une communauté aux contours un peu flous, qui déborde les mathématiques et qui est naturellement liée aux ENS. Ses thèmes incluent l'usage des NTIC, notamment en langue arabe.

4.2. La communauté des chercheurs

Nous n'avons pas rencontré d'interlocuteur marocain capable de parler au nom de la communauté des chercheurs en mathématiques.

Pour commencer il n'y a pas d'interlocuteur institutionnel. Nous l'avons déjà dit, nous le répétons, au niveau national aucun document de synthèse sur l'activité de recherche mathématique n'est disponible. La recherche mathématique marocaine ne dispose donc pas à l'heure actuelle de dispositifs d'auto évaluation permettant d'établir régulièrement un état des lieux à l'échelle nationale et de faire des propositions stratégiques.

En l'absence d'interlocuteur institutionnel nous avons cherché des représentants reconnus de la communauté à travers les sociétés savantes et les groupes informels. La création d'une société mathématique marocaine a été un échec. Elle n'a plus aucun dynamisme. Il est toujours difficile de reconstruire après un échec et cela prendra probablement du temps.

En revanche, plusieurs communautés plus petites se sont constituées autour de thèmes scientifiques particuliers. Nos visites des différents établissements nous ont permis d'en identifier quelques unes.

Un commentaire caractérise les principales observées, en analyse harmonique, analyse numérique (colloque annuel), géométrie, probabilités et statistiques, sciences de l'ingénieur (mécanique-automatique : conférence internationale régulière), systèmes dynamiques (centré autour de Marrakech, organise des rencontres internationales régulières). Il est important de noter que ces thèmes sont tous très vivants dans la communauté internationale.

4.3. La coopération internationale

Si une communauté de chercheurs en mauvais état peut produire une science d'aussi bonne qualité, l'explication s'en trouve dans la coopération internationale.

Les coopérations internationales Nord-Sud sont considérables. En pratique on peut dire que chaque petite équipe de recherche qui marche possède un ou plusieurs liens privilégiés avec une ou plusieurs équipes du Nord. Grâce à cette coopération les chercheurs Marocains ont accès à la documentation et trouvent des financements pour participer à des colloques internationaux¹³. Symétriquement, il est important de noter que le Maroc organise chaque année plusieurs manifestations scientifiques internationales de premier plan.

Depuis quelques années on constate le développement d'une *coopération Sud-Sud*.

De nombreuses initiatives ont été prises au niveau du Maghreb dont une des plus réussies a été la création des *Annales maghrébines de l'ingénieur*, revue inter-

13. Un bon chercheur marocain trouve plus facilement le soutien financier pour se rendre dans les pays industrialisés que pour se déplacer dans son propre pays!

nationale de bon niveau. En dépit des difficultés, les mathématiciens du Maghreb continuent à se rencontrer lors de manifestations dans l'un ou l'autre pays.

On ne sera pas surpris que le Maroc ait joué et joue un rôle important dans la formation des mathématiciens mauritaniens, mais l'influence de la recherche marocaine se fait sentir plus loin, par exemple au Sénégal, au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Le Maroc qui est l'élément moteur dans l'organisation des *olympiades mathématiques* panafricaines propose déjà à ses lauréats des bourses d'étude et *les écoles d'ingénieurs* accueillent aussi quelques Africains.

5. Tentative d'analyse

Tous les chercheurs rencontrés au cours de nos visites utilisent la même expression « Au Maroc, la recherche n'existe pas, c'est une activité individuelle ». Ils veulent dire par là que l'activité de recherche n'est pas reconnue par les structures administratives. Selon eux :

- « Il n'existe pas de crédits spécifiques pour la recherche » ;
- « Il n'est pas tenu compte de l'activité de recherche dans le déroulement des carrières. »

Le premier constat n'est pas tout à fait exact, puisqu'il existe depuis quelques années des crédits de l'État dédiés à la recherche (PARS, PROTARS, dotation des UFR). Mais ils sont faibles et leurs conditions d'attribution sont peu favorables aux mathématiques.

La seconde affirmation doit être relativisée. Pour faire face à ses grands besoins d'enseignants universitaires le Maroc a beaucoup recruté dans les années 1970 et 1980 ; mais il a imposé, pour monter en grade, la présentation de thèses. La communauté a su exiger des standards de bon niveau (incluant des publications internationales). Ce système de promotion a produit un corps d'enseignants chercheurs d'un niveau moyen impressionnant pour un pays au PIB par habitant environ dix fois plus faible que celui des pays européens. *Leffet pervers évident de ce système est que maintenant pratiquement tout le monde a obtenu son bâton de Maréchal et il faut trouver d'autres motivations.*

On ne peut donc pas dire que l'état marocain se soit désintéressé de la recherche. Il est possible d'estimer à quelque 750 le nombre des enseignants chercheurs de mathématiques au Maroc. C'est un chiffre important¹⁴, qui place le Maroc à un niveau proche de celui des pays industrialisés et *qui représente certainement pour l'économie marocaine un effort significatif.*

Malheureusement, et c'est là que le bât blesse, nous avons constaté une *absence quasi totale de crédits de « soutien de base »* à la recherche mathématique. En leur absence, les chercheurs Marocains les plus dynamiques se tournent vers les « programmes incitatifs » et la coopération Nord-Sud.

14. Pour la France, dont la population est double, l'ordre de grandeur est de 3 500.

Les programmes incitatifs constituent une avancée importante vers la reconnaissance de la recherche, mais ils ne peuvent à eux seuls résoudre le problème de la recherche mathématique dont certains thèmes de recherche ne sont jamais éligibles.

La coopération Nord-Sud est efficace car elle permet à des chercheurs et des petites équipes d'avoir une activité de recherche et une reconnaissance internationale, mais elle ne permet pas les rencontres nationales.

La conséquence dramatique de cette situation est que, ayant les plus grandes difficultés pour se rencontrer régulièrement, les mathématiciens Marocains n'ont pas la possibilité de se constituer en une communauté capable de définir des objectifs stratégiques à négocier avec les pouvoirs publics comme cela se fait dans les pays industrialisés.

De leur côté, les pouvoirs publics, semblent ne pas avoir pris conscience, jusqu'à une date récente, de la nécessité de donner un statut et un financement au travail de recherche. Tout se passe comme si l'État marocain s'en était remis sur ce point à la coopération internationale. Ainsi les pays riches peuvent, à moindre prix, intégrer dans leurs laboratoires du Nord, la compétence de chercheurs Marocains dont le salaire de base est payé par le Maroc.

6. Recommandations

Le dispositif de recherche mathématique marocain possède des potentialités énormes et souffre de dysfonctionnements auxquels il peut être remédié rapidement et pour un coût raisonnable.

6.1. Une dotation « soutien de base » à la recherche mathématique

Il faut de toute urgence qu'une ligne « soutien de base à la recherche » soit affectée aux départements de mathématiques et informatique des universités et établissements de formation.

S'il n'en était rien, la situation pourrait se détériorer rapidement :

- les chercheurs les plus performants, déjà très liés au Nord, seront tentés de se consacrer à l'amélioration de leur CV, de se désintéresser de la recherche au Maroc, voire de s'expatrier ;
- dans les grandes villes en expansion industrielle, les enseignants abandonneront la recherche pour des activités lucratives dans l'enseignement privé.
- dans les petites villes, les enseignants se décourageront, renonceront à toute activité et perdront rapidement leur compétence.

Il restera certes quelques équipes performantes capables de participer à des réseaux internationaux, mais la masse des enseignants chercheurs sera perdue pour la recherche.

Il est à souhaiter que rapidement le soutien de base à la recherche mathématique se rapproche du pourcentage de la masse salariale qui lui est consacré

dans les pays industrialisés (de l'ordre de 10 % des salaires pour le fonctionnement). Il s'agit d'assurer l'accès à la documentation, et les déplacements (au moins intérieurs)¹⁵.

6.2. Des structures de pilotage pour la recherche

Ces mesures de financement de la recherche doivent s'accompagner de la mise en place de structures de pilotage où les exigences, souvent contradictoires, de la recherche et de la demande sociale pourront s'exprimer, s'affronter jusqu'à l'élaboration d'un compromis acceptable par les deux parties. L'élaboration de ces structures doit se faire en concertation avec des représentants de la communauté des chercheurs en mathématiques. Le choix de tels représentants est une affaire délicate qui incombe aux autorités marocaines. La seule recommandation qui peut être faite ici est de veiller à ce que les représentants choisis soient, ou aient été, des chercheurs actifs de haut niveau.

6.3. Coopérations avec le Nord

Les mathématiciens Marocains ont un bon réseau de relations avec leurs collègues du Nord. La France reste un partenaire privilégié ce qui est une bonne chose dans la mesure où la recherche mathématique est un des domaines d'excellence de ce pays. Mais la volonté de diversification des partenaires, notamment avec l'Europe, doit être encouragée.

6.4. Coopérations avec l'Afrique

Le Maroc trouvera avec l'Algérie et la Tunisie des partenaires mathématiques dignes de lui. Des réseaux existent déjà. Il faut encourager le développement de ces coopérations.

Le Maroc, comme le fait le Brésil actuellement, pourrait avoir l'ambition d'être une puissance régionale dans le domaine du développement des sciences et des techniques et offrir des bourses d'étude aux africains du sud du Sahara. Dans cette hypothèse, les mathématiques marocaines pourraient jouer un rôle de tout premier plan en formant des jeunes et en facilitant les échanges entre le nord de la Méditerranée et le sud du Sahara¹⁶.

15. Il faudrait au minimum, qu'en moyenne chaque année, tout enseignant chercheur puisse faire deux missions de courte durée (3 jours) dans une ville éloignée de la sienne. À titre d'exemple, à Oujda, dont le département est très actif, pour un coût moyen de 2000 DH la mission, cela ferait un financement annuel tournant autour de 200 000 DH. Cela peut sembler élevé par rapport au budget pédagogique (c'est le même ordre de grandeur) mais reste dérisoire par rapport à la masse salariale des chercheurs concernés.

16. En Afrique subsaharienne, le besoin de formation d'enseignants chercheurs est encore très important. De nombreuses équipes marocaines manquent d'étudiants en thèse. Elles seraient en mesure d'accueillir des étrangers. Les liens déjà noués pourraient alors se renforcer considérablement.

CHAPITRE 8

Physique

EXPERT YVES FARGE

Ce Rapport comporte trois parties :

1. *Considérations générales sur la recherche universitaire au Maroc ;*
2. *Aspects de la Physique marocaine ;*
3. *Conclusions et recommandations.*

1) Malgré sa formulation vigoureuse, nous ne reproduirons que peu d'extraits de la première partie. Celle-ci fait ressortir des traits relevés en d'autres domaines scientifiques. Les conclusions sont très proches. Nous retiendrons des particularités, et les solutions originales proposées.

2) Nous avons choisi de privilégier plutôt la deuxième partie. L'expert y présente les « outils méthodologiques », dont il se sert pour guider son évaluation. Ces grilles de lecture, « applicables à tous les niveaux d'organisation (laboratoires, départements, facultés, universités, et au niveau national) », peuvent servir aux responsables pour animer une réflexion stratégique et « conduire le changement ».

Nous donnons aussi les « Tableaux d'évaluation » obtenus par application de ces outils. Le rapport insiste sur la pertinence des sujets traités, par sous-discipline. L'emploi des grilles est « subjectif ». La grille cadre la réflexion ; mais ce qui la nourrit traduit la compétence de l'expert. Celle-ci n'est pas infaillible : c'est au contraire une base de discussion avec la communauté ; et ce débat s'est amorcé lorsqu'à l'Atelier national le Rapport a été défendu devant un large aréopage.

3) Nous retiendrons de la 3^e partie le chapitre intitulé « Pour une insertion égoïste du Maroc dans la science mondiale ».

1. Considérations sur la recherche universitaire au Maroc ¹

*a) À propos des **personnels de recherche**, ce rapport pointe (comme les autres) que : « on peut dire qu'il y a au Maroc des chercheurs de bon ou de très bon niveau ».*

*Il ajoute que « malgré le chemin remarquable parcouru depuis l'indépendance, il n'y a **pas encore de système** de recherche marocain ».*

L'expert fait notamment ressortir « la très faible incitation par les institutions elles-mêmes (obligeant le chercheur à un investissement fort, y compris financier)..., la faiblesse des moyens..., la dispersion des thématiques (provenant le

1. Le verbatim est ici donné en polices normales et entre guillemets.

plus souvent de laboratoires étrangers, et difficiles à faire évoluer sous les conditions actuelles de travail) ».

*Il a noté « un déclin préoccupant du nombre de publications depuis 5 ans, dû probablement au **découragement** d'un certain nombre d'enseignants chercheurs et à la difficulté d'attirer des étudiants pour faire des thèses ».*

*Il ne lui a pas échappé que « 20 à 30 % seulement des universitaires font de la recherche... Pour récupérer utilement les compétences des autres, **il recommande d'étudier** des solutions qui ne les ramènent pas nécessairement à la recherche, mais qui soient équitables pour les institutions ». **Il suggère par exemple leur participation accrue à « la formation continue, la prestation de services, le conseil aux entreprises : toutes activités utiles aux relations avec le monde socio-économique, et dont les bénéfiques devraient pour partie abonder le financement des recherches »**².*

*b) À propos de la **politique en matière de recherche, et de l'évaluation** :*

*L'expert recommande d'élaborer à tous niveaux « des stratégies claires, permettant de **savoir où aller** ».*

Les universités devraient repenser leur organisation en laboratoires (plus gros, plus cohérents) dont la création devrait être liée à une reconnaissance extérieure (évaluation), et serait argumentée en fonction d'une stratégie de l'établissement³.

*En matière de **politique nationale**, l'évolution est rapide, avec la mise en place des PROTARS, pôles de compétence, réseaux thématiques et projets fédérateurs. Manque toutefois encore une analyse des besoins du pays, dont la méthodologie est suggérée plus loin.*

*L'absence d'évaluation est un handicap : « pas de recul sur les thématiques de recherche... ; isolement des chercheurs qui ne sont pas confrontés au monde extérieur... ; aucune régulation des conflits entre personnes... ; atomisation de la recherche puisque chacun est seul juge de ce qu'il fait... ; émiettement des crédits car il n'y a pas de repères pour les cibler ; et surtout : aucun outil de changement ». **Le rapport recommande d'instituer une obligation légale d'évaluation, qui doit concerner les structures, les programmes et les personnes.***

*c) À propos de l'**équipement des laboratoires, comme d'autres rapports, celui-ci en souligne la pauvreté. De façon plus originale, il en tire les conséquences, sur la pertinence de la recherche** :*

– les chercheurs moins motivés se découragent rapidement et abandonnent l'activité ;

2. Via un compte hors budget.

3. Le rapport se félicite de la mise en place de responsables recherche prévue dans les universités. Il estime qu'il serait essentiel d'assister vite les facultés avec *des outils de réflexion* pour penser leurs orientations et leur organisation.

- *les chercheurs les plus motivés vont faire leur travail expérimental à l'étranger, ce qui les tire vers les sujets qui intéressent les laboratoires d'accueil, parfois plus que le Maroc ;*
- *La technologie est quasi absente des laboratoires, avec des effets négatifs sur la maintenance, et sur la valeur accordée à la « recherche technique de base ».*

Le rapport recommande de partager les instruments lourds au niveau national (en lien avec des projets évalués). La mise à niveau documentaire nécessite la disposition d'un réseau à très haut débit.

d) À propos de l'insertion dans le monde économique, difficile comme partout, on trouvera plus loin des notations détaillées.

e) La mise en place d'une structure de coordination et d'animation nationale (Ministère) apparaît comme une excellente chose. Il lui faut travailler sur de nombreux sujets : stratégie, évaluation, restructuration des laboratoires, mise en place des réseaux, articulation avec le monde économique, équipement, développement de la recherche technique de base... « La mise en place du CNRST, structure opérationnelle, est tout aussi nécessaire. »

2. Outils méthodologiques et tentative d'évaluation

2.1. Des outils pour assister la réflexion

La réflexion stratégique, la conduite de changement sont nécessaires à tout organisme. Ce sont des démarches collectives. Les parties prenantes doivent partager des outils permettant la concertation, l'appropriation des données et celle des conclusions.

Une première phase est toujours celle du bilan et de l'évaluation. Dans notre propre exercice, nous avons eu recours à deux grilles d'analyse pour assister notre réflexion.

A) PREMIÈRE GRILLE : CONNAISSANCES, COMPÉTENCES, ET MONDE SOCIO-ÉCONOMIQUE

L'articulation de ces trois notions légitime la recherche. Bien entendu, le recouvrement n'est que partiel entre :

- *les connaissances* : la recherche a pour objet de développer des connaissances qui sont stockables et cumulatives, souvent disponibles à l'extérieur. Le développement de ces connaissances est une activité mondiale ;
- *les compétences* : ce sont des connaissances vivantes dans des cerveaux humains qui peuvent les appliquer pour résoudre des problèmes : augmentation des connaissances et/ou problèmes socio-économiques. Elles ne sont

4. Mais aussi probablement en d'autres disciplines.

- pas cumulables et disparaissent en même temps que les personnes. Elles constituent la plus grande richesse d'un pays ou d'une entreprise ;
- **le monde socio-économique**, dans ses différentes dimensions (public, privé, services, production, intellect...) qui a besoin de connaissances et de compétences pour se développer.

Les chercheurs qui sont porteurs de connaissances doivent travailler à la fois à leur propre développement mais également avec le monde socio-économique.

À partir de ce schéma, on peut faire les diagnostics suivants, valables pour la physique⁴.

— **Le développement des connaissances** : les scientifiques marocains, pour la majorité liés à de bons laboratoires étrangers, contribuent au développement de la science universelle mais rarement sur des sujets nouveaux ; ils font des travaux de consolidation des connaissances qui sont certes utiles pour la science mondiale mais pas nécessairement pour le Maroc.

Cette utilité est attestée par la qualité des revues dans lesquelles ils publient. Toutefois, on peut penser qu'ils font des travaux indispensables que les chercheurs des pays les plus développés n'ont pas envie de faire car ces derniers préfèrent utiliser leurs forces pour explorer les nouvelles frontières de la science. On peut considérer qu'il y a là une certaine exploitation par la communauté scientifique internationale. Ceci conduit par ailleurs à une approche très disciplinaire alors que les frontières de la science seront de plus en plus interdisciplinaires.

— **Les compétences** : elles sont variées et nombreuses, alimentées par les travaux de recherche et les liens avec la science mondiale. Elles pourraient être appliquées dans de nombreux cas.

À titre d'exemple, les compétences dans le domaine de la thermique et de la mécanique des fluides devraient permettre une amélioration sensible pour un certain nombre d'activités économiques marocaines comme la régulation naturelle climatique des bâtiments ou les fours de cuisson pour les céramiques.

Il pourrait être intéressant de s'attacher à un bilan des compétences existant, à confronter à celles dont le pays a et aura besoin ; des conclusions peuvent suivre sur les champs et les outils d'une plus grande insertion de la recherche universitaire au sein du monde socio-économique (formations continues, idées de cursus professionnalisants, prestations de service et finalement contrats de R & D...).

— **Le monde socio-économique**, comme dans beaucoup d'autres pays, a des difficultés de dialogue avec le monde de la recherche universitaire. La réaction habituelle, et le Maroc n'y échappe pas, consiste à en faire porter la responsabilité aux autres.

Au reste, dans le monde entier, les physiciens ont des problèmes de dialogue avec le monde économique et social, en dehors du domaine très particulier des TIC. Ceci vient du fait qu'ils ont l'habitude de travailler sur des systèmes « purs » alors que les industriels leur apportent des problèmes complexes. En ceci, le Maroc n'est pas spécifique.

Il y a un travail de fond à faire, et d'abord à favoriser les contacts : organiser des rencontres, par domaine précis autour de problèmes concrets, ou au niveau des régions (qui ont la taille idéale pour cela). Un démarchage plus fin des entreprises, pro actif, pourrait être conduit par les universitaires, chercheurs ou non chercheurs. Enfin, un bilan des besoins du pays serait à mener, en procédant par enquêtes et interviews auprès d'un groupe très hétérogène (industriels, responsables de services publics et privés, universitaires, étrangers...).

B) LA DEUXIÈME GRILLE D'ANALYSE : PERTINENCE, QUALITÉ, EFFICACITÉ

En utilisant cette grille, il s'agit d'apprécier le (bon) positionnement des activités.

La grille peut se représenter sous la forme du tableau suivant :

	Pertinence	Qualité	Efficacité
Scientifique			
Socio-économique			

Nous en ferons usage plus loin, pour évaluer « globalement » le positionnement de la Physique marocaine.

On peut aussi adopter une représentation en forme de matrice à double entrée pour chacun des aspects (pertinence, qualité, efficacité) : avec en abscisse la dimension socio-économique et en ordonnée la dimension purement scientifique (figures suivantes).

– **La pertinence** d'une recherche ou d'un programme de recherche peut être évaluée par les apports attendus en termes de progression de la connaissance ou d'applications dans le monde socio-économique. Une recherche fondamentale qui consiste à vérifier pour la nième fois une théorie n'est guère pertinente du point de vue des connaissances ; une recherche dite applicable qui est très loin d'une application quelconque n'est pas non plus pertinente.

– **La qualité** correspond à l'évaluation classique : le travail est bien fait, les résultats sont crédibles, les concepts bien expliqués et la communication sur les résultats sont de bonne qualité.

– **L'efficacité** correspond à l'utilisation réelle des résultats de la recherche. Dans le domaine de la recherche fondamentale, cette efficacité peut se mesurer à travers les indices de citations. Pour le monde socio-économique, l'efficacité est directement liée à l'utilisation des résultats.

FIGURE 1
Pertinence de la recherche universitaire marocaine

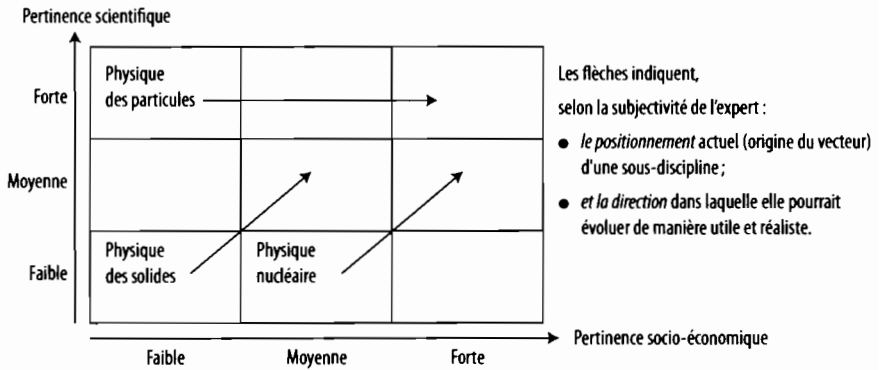


FIGURE 2
Qualité de la recherche universitaire marocaine

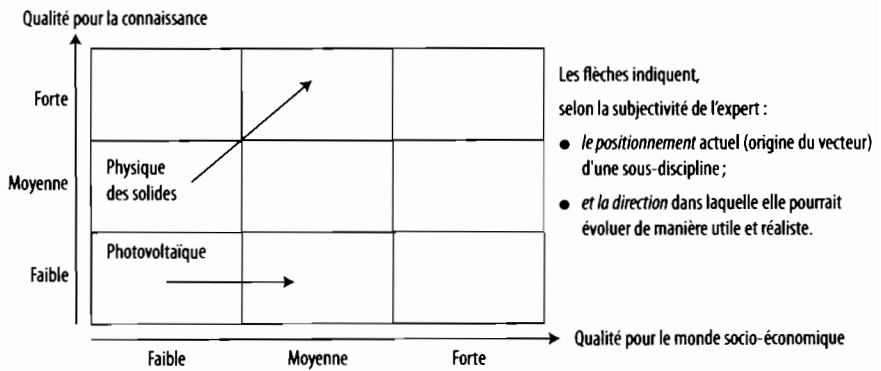
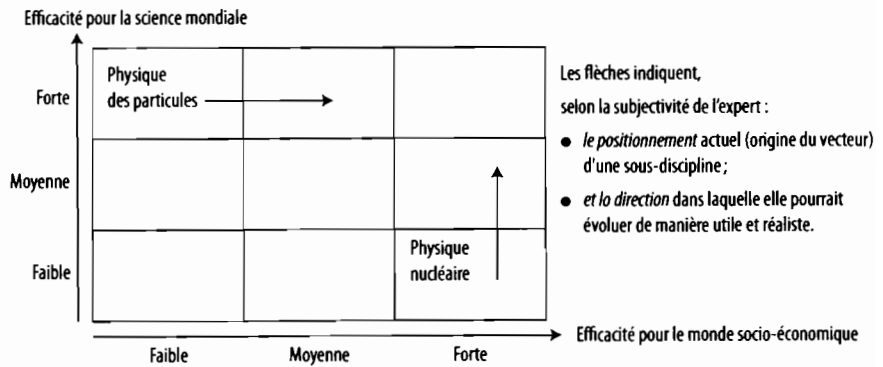


FIGURE 3
Efficacité de la recherche universitaire marocaine



Les graphes ci-dessus résultent de l'application des outils par un *expert particulier*. Il en a fait ce qu'il appelle un usage subjectif (le sien). D'autres experts, d'autres instances pourraient parvenir à des représentations différentes. L'important est que l'outil existe, soit partagé, et qu'il permette la communication, le début d'un débat loyal.

2.2. Une application : un essai d'évaluation de la recherche marocaine en physique

En utilisant mes outils, je propose à la suite un tableau d'évaluation globale des domaines de la physique marocaine ; puis un tableau plus détaillé par branche, centré notamment sur les questions de pertinence.

A) TABLEAU D'ÉVALUATION GLOBALE

	Pertinence	Qualité	Efficacité
Scientifique	Faible à moyenne car les sujets de recherche sont rarement à la frontière des connaissances.	En général très satisfaisante comme en témoigne le niveau des publications.	À évaluer à travers les indices de citations.
Socio-économique	Inexistante en général sauf quelques exceptions comme la physique nucléaire.	Difficile à juger. Le niveau des publications pour la physique nucléaire laisse penser qu'elle est bonne.	Manque de temps pour évaluer les résultats sur le terrain des recherches pertinentes

B) TABLEAU D'ÉVALUATION PAR DISCIPLINE (PERTINENCE)

Le tableau ci-dessous est suivi de commentaires plus détaillés.

Tableau et commentaires présentent des redondances. Nous présentons les deux premières lignes du tableau, pour montrer comment l'expert construit son appréciation.

Il s'inspire : 1) de ce qu'il a vu (tout en reconnaissant n'être pas allé partout) ; 2) de sa connaissance de la physique internationale ; 3) de sa compétence industrielle, et de sa représentation des besoins marocains.

La comparaison entre tableau et commentaire permet de voir comment on passe de l'architecture de la réflexion à un avis plus « littéraire ».

	La vision de l'expert	Les thématiques mondiales les plus prometteuses	Commentaires
Physique des particules et Physique théorique	Une participation effective au projet Atlas. Une présence trop faible en physique théorique	La recherche du boson de Higgs. Les développements nombreux sur les théories du vide, des espaces, etc.	Les physiciens marocains sont bien positionnés. Quasi-absence alors que ce type de recherche nécessite peu de moyens.
Physique nucléaire	Développement très intéressant de méthodes simples et robustes pour des applications variées.	Il n'y a pas aujourd'hui de thématiques réellement nouvelles en physique nucléaire.	Les physiciens marocains ont bien positionné leur discipline. Il y a toutefois une certaine dispersion et une meilleure coordination serait bienvenue.

Commentaires, par sous disciplines

Physique des particules : Atlas est sans doute actuellement le plus gros projet au monde de détecteur de particules. Il sera installé au CERN lorsque le LHC entrera en opération. De très nombreux pays et physiciens sont associés dans ce projet ; il apparaît que les physiciens marocains y sont présents à un bon niveau avec la prise en charge de certaines parties du détecteur. Il faudra s'assurer d'une présence réelle dans la physique lorsque le détecteur donnera des résultats, en particulier avec la mise en place d'outils d'analyse des résultats ou d'accès à ces outils.

Physique théorique : la seule équipe rencontrée travaille à l'École normale de Rabat avec deux orientations, la physique des particules (mais le sujet apparaît largement en veille aujourd'hui) et la physique statistique. La production scientifique est très importante. La relative faiblesse de cette branche est surprenante⁵ dans la mesure où elle ne requiert pas de gros moyens mais surtout des crédits de mission pour rester dans le mouvement ; c'est également surprenant compte tenu de la tradition de compétences mathématiques élevées dans le pays.

Physique nucléaire : les chercheurs rencontrés ont tous une bonne formation. Ils ont pris rapidement conscience que les moyens très lourds pour la recherche ne pouvaient être développés dans le pays et ils ont élaboré une politique très pertinente de liaisons fortes avec le CEA français, de mise au point de méthodes d'analyses beaucoup moins chères calibrées sur des outils lourds en France (par exemple, la détection de particules alpha par leurs traces dans des feuilles de polymère) et l'application de ces méthodes robustes et simples à des problèmes de recherche (sciences de la terre : par exemple, la circulation souterraine des eaux de l'Atlas) ou à des questions socio-économiques comme le remplissage des barrages par les alluvions. Par ailleurs, les équipes, un peu trop dispersées néanmoins, ont accès aux outils du CNESTEN (Centre marocain de recherches nucléaires), ce qui est essentiel. Comme indiqué ailleurs (*Rapport « Énergie »*) il importe de décider rapidement de la construction d'un petit réacteur au CNESTEN qui permettra à ces équipes de travailler encore plus efficacement.

Physique atomique et moléculaire : le travail expérimental dans ce domaine requiert aujourd'hui des outils très lourds qui ne sont pas à la portée du Maroc. Les chercheurs concernés travaillent donc dans les laboratoires étrangers et font le travail d'analyse au Maroc. Il apparaît que ce travail procède davantage de la systématique que des sujets les plus nouveaux et les plus prometteurs comme les atomes froids, les agrégats ou la photophysique moléculaire. Les

5. Cette remarque ne correspond pas à la réalité dans toutes les universités, mais dans celles que j'ai visitées. La bibliométrie montre qu'il existe par ailleurs (Oujda...) des laboratoires de physique théorique qui publient beaucoup.

compétences acquises peuvent servir dans des domaines comme l'environnement et l'analyse physique et chimique. Il serait judicieux de faire évoluer ces domaines soit vers les frontières les plus nouvelles de la science, soit vers les compétences indispensables pour le pays sur lesquelles il serait nécessaire de travailler.

Physique de la matière condensée : les travaux sont de bonne qualité et publiés dans de bonnes revues ; mais ils ne semblent pas se situer aux frontières de cette discipline car focalisés sur des thèmes relativement mûrs comme le magnétisme, les structures électroniques et les phénomènes de transports. Comme précédemment, les équipements nécessaires à ces travaux sont chers ce qui conditionne des partenariats avec des laboratoires étrangers. Une réflexion est peut être à mener pour orienter les travaux vers des sujets plus nouveaux (matière « molle » et ses relations avec le vivant, la matière nanoscopique) ne demandant pas d'équipements trop chers et promettant l'acquisition de compétences qui seraient utiles pour le pays.

Les matériaux : les travaux sont très focalisés sur les matériaux photovoltaïques et les phosphates. Le premier thème mérite une profonde revisite tant ce type d'expériences est difficile à interpréter car très sensible à la préparation des couches ; par ailleurs, la probabilité de développer une industrie marocaine de convertisseurs photovoltaïques à base de silicium ou autre est extrêmement faible. Cette revisite pourrait se faire à partir des besoins réels du pays en terme de matériaux minéraux : extraction, production, utilisation, durabilité etc. Ce travail sera lourd mais fort utile ; il pourrait être confié, comme de nombreux travaux de prospective, à des enseignants chercheurs qui ne font plus de recherche.

Électrochimie, corrosion et traitements de surface : l'auteur de ce rapport a vu des travaux intéressants sur de nombreux matériaux et des sujets qui ont une grande importance socio-économique comme la corrosion des goulottes en béton du système national d'irrigation ou la dégradation des plastiques sous l'effet combiné du soleil et de la corrosion. Cette discipline apparaît relativement bien orientée par rapport aux besoins du pays même si des réflexions complémentaires sont sans doute nécessaires.

Technologies de l'information et de la communication : l'expert n'a vu que ce qui concerne la physique et plus précisément les matériaux. Il fait la même remarque que pour le photovoltaïque et le coût très élevé des équipements pour être au niveau mondial dans ce domaine. Des travaux de prospective seraient ici aussi utiles, en élargissant la perspective bien au-delà des seuls composants actifs (les composants passifs représentent par exemple un chiffre d'affaire très supérieur à celui des composants actifs).

Les techniques de mesure et d'analyse : les seuls travaux que j'ai pu voir concernent les techniques nucléaires avec deux orientations très intéressantes : leur simplification et leur application à des sujets de recherche fondamentale ou pour des applications. On peut se demander devant ce succès et face à la complexité et au coût croissant de toutes les techniques d'analyse si des démarches du même type ne pourraient pas s'appliquer dans de nombreux autres domaines avec des techniques qui existent. Par ailleurs, la microélectronique conduit à l'émergence d'une nouvelle génération de capteurs ; une politique efficace pourrait consister à se placer assez rapidement dans l'utilisation de ces capteurs et non dans leur fabrication qui demande à nouveau des moyens très lourds.

Pour résumer

En utilisant ce type de grille d'analyse, on arrive facilement à la conclusion qu'une évolution des sujets de recherche est indispensable, qu'il faut la mener à partir des compétences existantes en les faisant évoluer, que les scientifiques marocains devraient systématiquement chercher à se placer sur *les sujets les plus nouveaux* pour la science *qui ne demandent pas d'équipements trop chers* et dont les retombées pour le pays en terme de connaissances acquises ou de construction de compétences seront maximum. Ceci pourrait guider la mise en place des nouveaux réseaux de compétences.

3. Pour une insertion « égoïste » du Maroc dans la science mondiale

Nous avons eu l'occasion de dire qu'il y avait une tendance forte pour la recherche marocaine à être une annexe de laboratoires étrangers. C'est sans doute bon pour ces derniers, ça ne l'est pas nécessairement pour le Maroc. Il convient donc d'insérer le Maroc dans la science mondiale à partir d'une politique très clairement définie, dont les éléments essentiels seraient les suivants :

- une définition des axes de recherche qui soit mieux articulée avec les besoins du pays : le développement économique et financier, les questions d'énergie, les problèmes de l'eau etc. Il faut faire des choix, éviter l'énumération exhaustive de thèmes que l'on trouve dans trop de pays ⁶ ;
- **la mise en place de dispositifs d'évaluation** à tous les niveaux et qui concernent les structures, les programmes et les personnes ;
- **opérer des regroupements** avec la création de laboratoires de taille suffisante dans chaque faculté, et des réseaux articulés sur des projets précis (et non

6. Cela suppose une *définition des connaissances* auxquelles le pays devrait avoir accès, et une *identification des compétences* (c'est-à-dire des personnes porteuses de connaissances actives) dont a besoin le Maroc pour y accéder : les compétences qui existent déjà, celles qu'il faut développer, celles qu'il faut réorienter.

sur des thématiques, nécessairement peu contraignantes) pour remédier à la dispersion excessive des compétences ;

- **mettre en place des équipements lourds** partagés au niveau national et correctement « servis » par des techniciens de bon niveau ;
- **mettre en place des dispositifs d'encouragement aux chercheurs actifs**, de réorientation pour quelques uns (sabbatiques), d'emploi utile pour les non chercheurs (formation continue, relations avec l'entreprise, prospective), de **soutien adapté aux laboratoires agréés** pour soutenir leur insertion sélective dans la science mondiale ;
- **mise en place d'une structure opérationnelle au niveau du CNRST** à partir des modèles CNRS, NSF ou DFG pour la réalisation de cette politique.

À ces éléments s'ajoutent quelques suggestions, tirant leçon de réussites du PCRD européen :

- l'Europe a fait comprendre l'importance de la **formation**, et d'une formation **internationale et mobile**. Dans le cadre des orientations voulues par le pays, le Maroc devrait assurer un volant de **bourses doctorales** ; continuer à **envoyer des étudiants** faire leurs thèses dans des laboratoires européens ; mettre en place des **années sabbatiques** pour enseignants, et des stages équivalents **pour les personnels techniques**.
- Un acquis du PCRD est la promotion du **financement de la recherche technique de base**, dans des pays où elle était insuffisamment soutenue. On entend sous ce vocable la recherche instrumentale, et la recherche fondamentale orientée par les besoins économiques et sociaux.

Il s'agit là de développer des connaissances et des compétences qui sont nécessaires dans un certain nombre d'activités industrielles et de services tant privés que publics. Le Maroc, qui en a grand besoin ⁷, pourrait s'inspirer de certains dispositifs à succès des PCRD (IRDAC, EUREKA, ICS...).

Le pays pourrait ainsi tirer le plus grand profit de **ses compétences, très importantes en physique**.

7. Voir aussi les rapports sur le Génie mécanique, l'Eau, l'Agriculture.

CHAPITRE 9

Chimie et chimie des substances naturelles

EXPERTS GUY OURISSON & THIERRY SEVENET

Plusieurs rapports concernent la chimie.

L'un est dédié à la discipline dans son ensemble. Un second est spécialement consacré à la chimie des substances naturelles. Le rapport sur médecine et santé s'est préoccupé de pharmaco- et de toxicologie. Le rapport sur les sciences de la mer souligne l'intérêt d'études concernant la biologie et la chimie des substances marines.

Nous donnons à la suite des extraits de ces rapports.

*Bien qu'ils convergent avec d'autres sur des points jugés majeurs (besoins en équipement, en documentation...), nous le signalons sans y insister. Nous donnons une plus large place à des apports spécifiques (**stratégie de choix de sujets** notamment).*

1. La chimie en général

Le rapport ne doute pas de la « nécessité pour le Maroc d'entretenir une recherche chimique nationale, adaptée à ses besoins ». Il est émaillé de suggestions de sujets « que les ressources de la chimie mondiale ne résoudront pas ».

Il loue « la qualité des chercheurs rencontrés », et rappelle que c'est grâce à eux que « le Maroc est dans une position singulière et flatteuse en Afrique »¹.

Il fait état des principaux goulots d'étranglement qu'il voit au développement « d'une recherche plus ambitieuse, plus visible et plus utile ». Le principal consiste pour lui dans le besoin de documentation, suivi de près par la disponibilité d'équipements lourds en état de marche.

L'expert conclut par quelques remarques sur la stratégie de choix de sujets.

1.1. Diagnostic global

La situation est ambivalente. Elle est hypothéquée par de graves difficultés pratiques et financières, que contrebalancent la qualité des personnes, leur dévouement, et leur détermination à ne pas se résigner à la situation actuelle. L'intérêt manifeste du gouvernement, et les initiatives que le ministère a récemment multipliées ont suscité de grands espoirs. Quelques réformes simples, et la mise en œuvre de dispositifs adaptés (souvent en cours de réalisation), pourraient avoir des effets extrêmement positifs.

1. Après l'Égypte et la République Sud-Africaine, c'est le pays le plus développé « chimiquement » du continent.

1.2. Les goulots d'étranglement

L'ACCÈS À LA DOCUMENTATION

L'accès à la documentation scientifique mondiale est une *condition impérieuse* à toute initiation, à toute poursuite, à toute conclusion d'un programme de recherche.

Traditionnellement, il s'est seulement agi de l'accès à des bibliothèques. Mais *une révolution* est en train de transformer complètement les modalités de repérage et d'étude des travaux internationaux.

La mise en ligne, sur Internet, de la quasi-totalité des revues scientifiques mondiales, dans bien des cas avec des archives elles-mêmes accessibles, l'obtention par les centres de documentation universitaires ou industriels de contrats permettant l'accès libre à ces banques de données, la multiplication des ordinateurs dans les laboratoires conduisent les chercheurs à s'informer dans leur laboratoire, devant leur écran, à imprimer les articles qui les intéressent, à croiser les informations par les puissants moteurs de recherches disponibles, à informer leurs pairs de leurs projets immédiats et/ou de leurs résultats.

*L'expert recommande de sauter les étapes, et de passer directement à ce type de documentation*² : *quiconque est absent de ces réseaux est automatiquement mis hors circuit*. Il y a donc urgence à rétablir l'une des conditions préalables à un travail efficace et à **permettre l'accès** de nos collègues marocains à cette communauté d'informations.

Malheureusement, pour accéder à ces bases de données, le ticket d'entrée est cher. Il existe bien des réseaux spécialisés gratuits, mais dans des domaines très limités. Et l'accès aux éditions en ligne des grandes revues, publiées par les sociétés savantes les plus puissantes (Société chimique américaine en l'occurrence) ou par les éditeurs commerciaux (Elsevier, Wiley, etc.) suppose *une négociation collective* comme celle qu'a menée, en France, le consortium *Couperin*.

RECOMMANDATION N° 1

Je recommande par conséquent la mise à l'étude de l'aménagement d'une *procédure* comme celle qui a permis, en France, de créer le réseau *Couperin*³. Ceci vaut pour *tous* les domaines scientifiques, pour *tout* le Maroc, et pourrait même être étendu à toute l'Afrique de l'Ouest.

2. Si les chercheurs d'une Université française peuvent avoir accès en ligne, de leur labo, à 6 000 revues scientifiques, et ceux de Rabat à presque aucune, comment peut-il y avoir coopération (sans même oser parler de compétition équitable)? Et pour que ceux de Rabat puissent eux aussi savoir ce qui se passe dans le Monde, il ne suffira pas qu'ils s'entendent avec ceux de Casablanca.

3. Négociation au niveau national, avec participation d'utilisateurs, de bibliothécaires, et de responsables de haut niveau des organismes de recherche, face aux responsables des groupes internationaux d'éditeurs.

L'Institut marocain de l'information scientifique et technique (IMIST), qui est en cours de réalisation, a *la lourde responsabilité de faire avancer ce problème*⁴.

L'INFRASTRUCTURE INSTRUMENTALE

En Chimie, comme dans les autres sciences, il est devenu inconcevable de réaliser une recherche quelconque sans avoir accès à des appareils de physique de coût élevé, et fragiles parce que complexes. Ces équipements font partie des « accessoires » de toute recherche compétitive, et sont d'utilisation quotidienne.

Comme en d'autres disciplines, l'expert a observé l'existence en nombre d'établissements de tels appareils « acquis avec des crédits fortuits,... et hors d'état de marche par suite de la défaillance (normale) d'un des composants (ne serait ce qu'un fusible) ».

Il liste les raisons de la difficulté de réparation, et pointe le problème de la situation insuffisante faite aux ingénieurs et techniciens formés pour les entretenir. Contrairement à d'autres collègues, il ne recommande pas la création de plateformes techniques nationales ou régionales, mais plutôt celle d'une unité nationale de maintenance.

RECOMMANDATION N° 2

Je recommande que soit étudiée la création d'une *unité nationale d'appui technique, consacrée à l'entretien et à la maintenance* du matériel « mi-lourd ».

Ce centre pourrait être organisé commercialement, réserver l'essentiel de ses services aux institutions publiques, mais conserver la possibilité, une fois remplies ses obligations contractuelles, de travailler aussi pour les industriels locaux.

Dans le cadre de cette unité nationale d'appui, il serait souhaitable que le *statut du personnel technique et scientifique* recruté l'encourage à ne pas quitter son emploi dès qu'il y a acquis des compétences professionnelles sérieuses.

1.3. Relations entre la recherche universitaire et la société

La recherche en chimie prend tout son sens quand elle peut prouver son utilité pour la société. Ceci impose deux types d'actions.

RECOMMANDATION N° 3

Je recommande de chercher à être présent sur les lieux d'expositions ou *là où va le public*, pour que ce public, et à sa suite les médias, se rendent compte que la chimie le protège, contrairement aux caricatures qui l'inquiètent.

Je recommande que soient développés tous les liens entre la chimie universitaire et les industries qui utilisent de la chimie.

4. Le *Réseau Marwan* constitue une infrastructure indispensable, et joue déjà un rôle important.

Il semble légitime de viser en priorité deux secteurs qui ressortent au niveau du commerce extérieur : les phosphates et les produits de la mer. Il est recommandable de chercher à se positionner avec eux sur de « vrais problèmes » (voir plus bas choix de sujets) et non sur des problèmes ponctuels et marginaux comme il en est souvent d'abord proposé. Des liens peuvent être aussi recherchés avec les producteurs de matières alimentaires, de parfums et arômes, de savons, de teintures textiles : ainsi qu'avec la production artisanale ; et avec la chimie internationale.

C'est aux chercheurs compétents, appuyés par leurs Universités, de se montrer proactifs dans un tel démarchage ; et de songer à rechercher non seulement des opportunités de réalisation de thèses, mais de véritables contrats de recherche, et des stages rétribués pour les meilleurs étudiants, préparation fréquente à des carrières. Des colloques locaux, sans faste, organisés en vue de l'étude de problèmes très concrets de coopération, pourraient être envisagés.

1.4. Suggestions complémentaires

SÉCURITÉ

L'expert insiste vivement sur l'impératif de sécurité au sein des laboratoires.

SABBATIQUE

L'expert plaide pour la mise en place effective d'un système sabbatique, d'ailleurs prévu par la Loi⁵. Il faudrait permettre aux chercheurs de planifier des séjours de *remise à niveau* et de renouer avec des laboratoires plus favorisés. Ces séjours sabbatiques devraient être faits dans un autre laboratoire, et si possible même dans un autre pays que la préparation de la thèse⁶.

1.5. À propos des thèmes de recherche. Que faire et qu'éviter de faire ?

L'expert émet quelques recommandations sur la stratégie de choix de sujet, puis sur quelques sujets.

Il est très difficile pour un étranger de formuler des propositions précises de sujets souhaitables, ou à l'inverse peu recommandables. Je m'y hasarderai avec la plus grande prudence, en sollicitant l'indulgence.

Je commencerai par ce qu'il me paraît judicieux de **limiter** :

- il faudrait éviter de n'avoir comme objectif **que** la poursuite d'un *travail de thèse* fait, souvent, à l'étranger. Les motivations sont évidentes : maintien des relations amicales nouées avec le responsable d'un grand laboratoire, et

5. Il s'agit d'une Loi de 1997, dont les décrets d'application ont tardé mais sont maintenant publiés.

6. Chaque enseignant aurait droit à un séjour extérieur de 6 mois tous les 7 ans. Cela suppose un recrutement de 1/14 de la population actuelle des enseignants, ce qui pourrait être acceptable. Le maintien du traitement faciliterait le départ, quand bien même il ne dispenserait pas de trouver des moyens complémentaires à l'étranger.

de jeunes collègues ; accès par eux à des mesures physiques, à de la documentation, etc. Mais en contrepartie, on court le risque de s'enfermer dans une *dépendance artificielle*, et de poursuivre des objectifs peut-être valables à Bordeaux, Bruxelles ou Dusseldorf, mais pas au Maroc.

- il ne faut peut être pas *trop* miser sur la recherche de *substances naturelles* dont on attendrait des miracles, en analysant les plantes de la pharmacopée traditionnelle. L'étude de drogues locales n'a de sens, à mon avis, que si elle est organisée en liaison étroite *avec des médecins, pharmacologistes et autres biologistes*. Il y faut aussi la *connaissance des marchés mondiaux, et l'intuition du marché national : donc un lien à quelque industrie* (car l'université n'a pas les moyens du développement, et ne sait généralement pas le faire) ;
- il convient sans doute aussi de ne pas se lancer dans des problèmes dont la résolution exigerait le recours à des *moyens hors de portée* ou difficiles d'accès, en particulier dans le domaine des méthodes de mesure physique ou dans celui des instruments.

Alors, *que faire ?*

L'expert donne quelques exemples destinés à illustrer « le genre de problèmes qui devrait être recherché : un vrai problème [sur le plan fondamental], peu exigeant comme méthodes, et avec des conséquences [industrielles] prévisibles ».

— Par exemple, on sait qu'il est difficile de phosphoryler des alcools par les dérivés polyphosphoriques ; la formation de phosphates par l'acide cyclotriphosphorique est décrite comme ne se déroulant qu'à pH 12. Est-ce vrai ? Pourquoi ? Ceci pourrait être intéressant non seulement sur le plan fondamental, par une étude de mécanisme soignée, mais aussi sur un plan appliqué : c'est peut-être la clé de l'utilisation des phosphates dans les lessives !

— Un autre problème qui pourrait être envisagé serait relatif aux résidus de l'industrie de la pêche. J'imagine qu'ils posent un problème de déchets, qu'on ne saurait se contenter (même si on dispose d'une côte immense) de résoudre en les rejetant à la mer. N'y a-t-il pas mieux à faire ? Ne serait-il pas concevable que l'union d'un microbiologiste et d'un chimiste organicien permette de trouver des conditions de fermentation de ces résidus les valorisant, soit pour en faire des protéines utilisables en alimentation animale, soit pour en éliminer les constituants odorants, soit pour les transformer en compléments alimentaires (acides polyinsaturés).

Parmi les sujets en cours, ou suggérés et respectant ces principes, on notera :

Concernant les phosphates

Valorisation des fluorures présents dans les phosphogypses ; séparation et ségrégation des actinides également présents ; analyse en ligne des métaux lourds ; initiation par des germes artificiels de la cristallisation du phosphate tricalcique dans les eaux usées ou d'écoulement.

Concernant les produits de la mer

Huiles de poisson : il y aurait là certainement une ressource à développer, et les domaines ne manquent pas pour des utilisations très valorisantes pour ces huiles. Elles sont riches en lipides insaturés, qui sont présentés aux USA comme des suppléments nutritionnels quasi-miraculeux et sont vendus en capsules aux fanatiques de la jeunesse. Leur valorisation en « qualité pharmaceutique » ou en « qualité alimentaire », leur utilisation comme suppléments alimentaires pour le bétail, leur traitement pour permettre de les utiliser comme huile de cuisine (le Maroc en est encore importateur), tous ces domaines exigeraient une contribution de chimistes.

Enfin, il ne faut pas oublier que seule l'aide des chimistes (analystes, mais aussi organiciens et inorganiciens) peut permettre d'attaquer sérieusement *les problèmes de pollution* (eau, air, alimentation...).

POUR CONCLURE

Quand les conditions changent en s'améliorant, il devient possible de s'attaquer à des problèmes scientifiques plus ambitieux, plus visibles et plus utiles. C'est ce que l'on peut espérer réaliser au Maroc, dont les chercheurs ont bien d'autres capacités que de simplement poursuivre les travaux commencés lors de la préparation, ailleurs, de doctorats.

L'engagement de l'État y est nécessaire (la création et l'activité d'un ministère dédié en font foi aujourd'hui) ; mais aussi le rapprochement des deux mondes de l'université et de l'industrie.

2. Chimie (et biologie) des substances naturelles

L'expert signale une vingtaine d'équipes remarquables, sur la quarantaine qu'il a rencontrée.

Il insiste sur les problèmes d'équipement (qu'il met au premier rang), et de documentation (qu'il rend responsables d'un certain nombre de choix thématiques de pertinence discutable).

Il met aussi l'accent sur les problèmes d'organisation, et sur la stratégie de choix de sujets.

C'est sur ces deux points que nous donnerons les plus larges extraits.

2.1. Les moyens

LA DOCUMENTATION

Le choix des sujets s'effectue généralement *sans bibliographie préalable*, car il n'existe pas de bibliothèque et d'abonnement, à l'exception de l'utilisation d'Internet. Dans ce dernier cas, les chercheurs n'ayant pas d'abonnements, ne peuvent se procurer que des **résumés**.

Par conséquent, il arrive que des équipes s'intéressent à des végétaux [par exemple l'If européen *Taxus baccata*], sans savoir apparemment que plus de

20 laboratoires dans le monde ont *complètement étudié, et publié* les taxanes de cette plante. Plusieurs autres sujets portent sur *des plantes déjà très connues* (Eucalyptus, Menthe Pouliot...) : ce qui n'a grande pertinence ni scientifique ni économique.

L'ÉQUIPEMENT LOURD

L'absence quasi-générale d'équipement lourd entraîne un découragement des chercheurs.

Les laboratoires sont peu équipés, et l'absence de financement récurrent entraîne le non fonctionnement des rares appareils lourds⁷. Non seulement les laboratoires ne peuvent les faire entretenir, mais ils ne peuvent pas acheter à suffisance de solvants ou de réactifs chimiques.

On pourrait souhaiter la *création de « plateaux techniques »* regroupant les moyens lourds d'analyse, RMN, Masse, RX. Un tel regroupement devrait faciliter le fonctionnement et l'entretien des équipements *par des ingénieurs et des techniciens spécialisés*.

Trois unités pourraient être créées au Nord, au Centre et au Sud. Cet investissement doit être assorti de *conditions strictes d'utilisation*⁸, et de fonctionnement (budget de consommables). Ce financement doit aller de pair avec une réorganisation des structures de recherche par le ministère de la Recherche.

2.2. L'organisation

Il n'y a pas d'évaluation (d'audit) régulière des équipes de recherche. Ceci laisse les enseignants-chercheurs (trop) libres d'agir (ou de ne pas agir) selon leurs désirs... *Une toute première décision* serait d'instaurer *un système d'évaluation* tous les trois à quatre ans par un groupe de cadres marocains et étrangers, sur le modèle de ce qui est réalisé dans tous les pays développés. Chacun doit des comptes à l'État qui l'emploie !

L'éparpillement des sujets de recherche nuit à l'efficacité de l'ensemble. Il n'y a pas (sauf exception) de politique d'établissement en la matière. Le manque d'évaluation, et la faiblesse des financements qui pousse les chercheurs marocains vers les collaborations étrangères pour survivre, expliquent en partie la dispersion thématique.

Il existe un *manque de coordination*, voulu ou non, entre les différentes équipes de recherche. Nous avons par exemple rencontré quatre équipes travaillant sur les mêmes plantes antidiabétiques, entre Marrakech et El Jadida.

7. Certains établissements ont trouvé la solution en les mettant sous clé. Leur disponibilité n'apparaît donc pas évidente. D'autant que de tels appareils, en raison de leur coût élevé, devraient fonctionner en continu, et pour des objectifs choisis.

8. L'accès effectif des *chercheurs éloignés* doit être considéré : frais de déplacement et hébergement sur place. Il faut viser le plein emploi des appareils.

2.3. Sujets de recherche : choix, pertinence, collaborations.

Certains choix de sujet sont effectués sans *bibliographie suffisante*.

Plusieurs autres sujets se traitent sans *perspective de débouché économique* (pas de demande industrielle ; ou, au contraire, industrie mondiale trop puissante : if européen, plantes à huile essentielle [eucalyptus, menthe Pouliot...]).

Ces sujets sont confiés à des étudiants qui, de ce fait, n'apprennent pas à s'investir dans une recherche audacieuse et pertinente et qui risquent plus tard de perpétuer un système médiocre.

Il existe par contre d'autres *sujets intéressants*. Certains concernent l'huile d'Argan, en relation avec un débouché possible ; d'autres les plantes antidiabétiques ; d'autres, encore et surtout, *les recherches marines*, qu'il s'agisse des Cyanobactéries productrices d'antibiotiques antifongiques, de bactéries libérant des bactériocines anti-*Listeria*, ou des invertébrés marins (Tuniciers). Une étude intéressante de relations chimiques plantes-insectes, menée à Tanger, pourrait déboucher sur la mise au point de nouveaux insecticides naturels

Les *sujets de recherche marins devraient être développés*, qu'il s'agisse des bactéries, des micro-algues, ou des invertébrés. Le Maroc possède des centaines de kilomètres de côtes susceptibles d'être exploitées, et ce sujet, très porteur et pour lequel il y a une forte demande, est susceptible d'intéresser des industriels des pays du Nord.

Le travail sur des plantes (de préférence endémiques et peu connues) nécessite d'évaluer les potentialités floristiques du Maroc. Malheureusement, il n'a pas été possible de rencontrer de botanistes qui puissent parler de la systématique des plantes marocaines. Cette spécialité semble manquer⁹ ? (Tous les botanistes rencontrés sont plutôt des écologistes préoccupés de problèmes d'environnement.)

Toute recherche dans le domaine des substances naturelles est *inséparable de la biologie* : les choix de recherche doivent se faire en fonction de résultats positifs d'essais biologiques. Or, dans toutes les universités visitées, il semble qu'il y ait cloisonnement entre départements de chimie et de biologie. Ce point est essentiel, car c'est ce lien qui peut permettre un meilleur choix des sujets de recherche.

Par ailleurs, *il ne semble pas exister d'industrie* capable d'interagir avec l'université. On cite de grosses sociétés pharmaceutiques implantées au Maroc, mais elles ne feraient que du conditionnement et de la vente. Quelques entreprises familiales vendent des préparations « médicinales ». Cette absence d'acteur économique au Maroc même expliquerait que les sujets de recherche soient choisis sans justification économique, et donc réalisés sans grande efficacité.

9. L'expert en Sciences de la Mer se félicite d'avoir visité l'Institut Scientifique de Rabat, où il a rencontré quelques très bons *systématiciens*. Il reconnaît que cette spécialité, essentielle, est malheureusement menacée (comme en d'autres pays du monde).

2.4. Conclusion

Les universités visitées rencontrent plus ou moins les mêmes difficultés : insuffisance d'équipement, *défaut d'incitation du personnel chercheur*, cloisonnement des disciplines, sélection souvent déficiente des sujets de recherche, partenariat déséquilibré avec l'étranger.

La qualité d'un certain nombre d'enseignants chercheurs représente *un atout pour le Maroc*, qu'il serait dommage d'abandonner (sujets prometteurs en cours, y compris sur le plan économique). Il faudrait au contraire renforcer cette carte gagnante en facilitant le retour de jeunes formés à l'étranger, et en attribuant des moyens au mérite.

Les quelques mesures suivantes nous sembleraient contribuer au déploiement d'une recherche plus indépendante, plus responsable et plus efficace au Maroc :

- créer des *commissions d'audit* (= d'évaluation) permettant de juger de la qualité et de la pertinence des sujets de recherche ;
- assurer des *appels d'offre* permettant de sélectionner quelques bons projets, à financer de façon plus importante ;
- créer des « *plateaux techniques* » regroupant les moyens lourds d'analyse ;
- assurer dans chaque université *l'accès aux revues* électroniques sur Internet ;
- favoriser des relations avec le monde économique : *mesures fiscales* vis-à-vis des industries pharmaceutiques multinationales implantées au Maroc, étude de faisabilité d'une industrie de conditionnement des médicaments traditionnels qui pourrait encourager la recherche ;
- le *financement* doit aller de pair avec une *réorganisation des structures de recherche* par le ministère de la Recherche marocain.

On peut aussi suggérer de :

- instaurer une politique d'accueil (et de création de postes) pour des étudiants marocains (notamment formés à l'étranger), de façon qu'ils renouvellent petit à petit l'encadrement ;

et plus simplement :

- organiser des séminaires nationaux où pourraient être invités des « *Keynote speakers* » étrangers, capables de faire le point sur tel ou tel domaine.

3. Compléments

Ces compléments sont issus des rapports *Médecine et Santé*, et *Sciences de la Mer*.

3.1. Médecine, pharmacie, santé

Le rapport s'est intéressé à plusieurs laboratoires de chimie, de biochimie et de pharmacologie. On doit lire les pages qu'il consacre aux « problèmes de fond

qui se posent à eux pour obtenir des résultats pertinents » *en particulier concernant* :

- *leur stratégie de recherche : intégration verticale de l'activité (dans une discipline, à échelle internationale); autonomie et sous-traitance;*
- *le problème posé par l'étude des substances naturelles. Le rapport note à ce sujet :*

L'ouvrage de Jamal Bellakhdar, portant sur la pharmacopée marocaine traditionnelle il y a une dizaine d'années, avait présenté une monumentale synthèse de vingt-cinq années de recherches et d'enquêtes sur le terrain. Il associait la pharmacologie et la botanique, sciences naturelles « exactes » à l'ethnologie et à l'étude des textes médicaux arabes et des recueils folkloriques. Cette pharmacopée a fourni à la majorité de la population pendant de nombreuses années la seule médication réellement accessible. Elle est encore aujourd'hui dispensée sous des formes culturellement acceptables en ce qu'elles privilégient l'aspect rituel et communautaire, et correspondent à une prise en charge globale de la personnalité du malade. Mais les intentions de l'auteur n'étaient pas seulement d'ordre patrimonial, *il s'agissait aussi de faire fructifier ce patrimoine avec les moyens modernes.*

L'étude des substances naturelles ne se limite pas à la pharmacopée locale, elle est *exploration systématique de la biodiversité*. Parce qu'elle fait espérer des nouveaux traitements à l'heure de la résistance des agents pathogènes, elle revêt dans tous les pays un attrait particulier. Dans les pays du sud, elle représente une valorisation du patrimoine naturel, elle fait entrevoir la perspective de brevets substantiels et de royalties, revanche légitime sur le passé et moyen de vivifier une industrie pharmaceutique locale souvent réduite à des productions sous licence.

Cependant *il y a un long chemin de la plante au médicament et au brevet*. La recherche sur les substances naturelles est lourde, peut parfois mettre en péril la ressource, et il faut alors envisager de passer par les dérivés hémisynthétiques ou même synthétiques. Si le Maroc veut s'orienter dans cette direction, il y a intérêt à *structurer le milieu de recherche avec une rigueur particulière*, pour éviter la dispersion des efforts et doter le laboratoire de moyens susceptibles de lui permettre de *rentrer en lice avec les nombreux concurrents*.

3.2. Sciences de la mer

Ce Rapport recommande lui aussi l'étude des substances naturelles marines, « secteur innovant ouvert à la créativité depuis quelques dizaines d'années... ; la recherche de nouvelles ressources marines exploitables est une cible stratégique, à portée notamment des universitaires... C'est le domaine de l'innovation technologique qui offre les perspectives les plus intéressantes (aux plans médical, alimentaire ou industriel : chimie, cosmétiques, etc.) ».

CHAPITRE 10

Géosciences (sciences de la Terre)

EXPERTS MICHEL STEINBERG ET JACQUES GIRARDEAU

Le diagnostic est doublement cadré par :

- *un exposé sur l'état mondial des Sciences de la Terre, qui ont beaucoup évolué dans les années récentes ;*
- *l'examen des champs spécifiques, où le Maroc a particulièrement intérêt à conduire des recherches.*

La valeur des chercheurs rencontrés porte les experts à juger que le Maroc peut compter sur leur qualité, et en tirer grand parti. Quatre conditions y sont nécessaires :

- *un complément de qualification dans certaines spécialités ;*
- *l'équipement des Sciences de la Terre, goulot majeur d'étranglement ;*
- *une nouvelle motivation des chercheurs, qui pourrait être obtenue grâce à :*
- *la nécessaire structuration de la recherche (laboratoires de taille critique, contractualisation accrue, auto-organisation de la profession...).*

Nous reproduisons à la suite les principaux passages de ce diagnostic.

1. L'état mondial des Sciences de la Terre

Les Sciences de la Terre recouvrent un vaste domaine de connaissances et d'applications qui s'est élargi au cours des dernières années du fait notamment d'une meilleure prise en compte des interactions entre les différentes sphères constitutives de notre planète y compris l'hydrosphère, la biosphère et l'atmosphère ainsi que des modifications introduites par l'activité humaine. Pour mieux décrire la situation actuelle, un bref historique est utile¹.

Jusqu'à la fin des années 1960, les Sciences de la Terre étaient essentiellement descriptives. Peu de choses étaient connues sur les domaines situés au-delà de quelques dizaines de kilomètres de profondeur (le rayon de la Terre est de l'ordre de 6 300 km !) ou sur le domaine océanique. Même si des techniques géophysiques étaient déjà utilisées, la récupération des ressources naturelles ressemblait à une collecte plus ou moins hasardeuse, la découverte des gisements résultant très fréquemment de démarches peu prédictives.

La fin des années 1960 a été marquée par la mise en évidence de l'expansion de la croûte océanique provoquant la dérive des continents. Tous les aspects

1. Nous avons considérablement abrégé cette partie, pourtant fort instructive.

des Sciences de la Terre académiques ou appliqués furent profondément renouvelés par cette vision du fonctionnement dynamique de la planète. De nouveaux phénomènes naturels furent découverts. Simultanément, le développement de la géochimie, de la géophysique, de l'informatique, des observations et mesures spatiales conduisait à une quantification de nombreux processus naturels, à leur simulation, à leur modélisation. La prise en considération de la Terre en tant que système global conduisait à montrer l'existence des nombreuses interactions entre « couches » terrestres dont l'étude faisait jusque-là l'objet de disciplines cloisonnées.

Enfin, de nos jours, les interactions entre l'activité humaine et le fonctionnement de notre planète se révèlent un champ de recherche capital pour nos civilisations et leur avenir.

Durant ces 20 dernières années, la plupart des disciplines traditionnelles des Sciences de la Terre (paléontologie, stratigraphie, pétrologie, tectonique) ont évolué et se sont recomposées. La paléontologie s'est par exemple intéressée aux paléo-environnements et environnements actuels, alors que la tectonique et la pétrologie ont investi l'étude de la genèse des matériaux, leur comportement mécanique ou celle de l'aléa et des risques sismiques.

Toutes ces mutations n'ont pu se faire que parce que les chercheurs en Sciences de la Terre ont pu disposer et maîtriser les *technologies* ultramodernes dont dispose actuellement notre société, pour l'analyse, l'auscultation à toutes échelles de la Terre, la mesure de paramètres variés et le traitement des données acquises. Les *mesures* (tectoniques, géophysiques, géochimiques etc.) acquises par les géologues sont en effet indispensables pour quantifier les phénomènes complexes auxquels s'adresse cette discipline, pour les modéliser afin d'être, quand cela est nécessaire, une science prédictive. Le stockage des déchets radioactifs qui sont dangereux durant des dizaines de milliers d'années constitue un bon exemple de ces nouveaux défis auxquels les Sciences de la Terre sont confrontées.

Cependant, il est nécessaire de souligner que les Sciences de la Terre doivent continuer à *asseoir leurs problématiques sur des observations naturalistes* à toutes les échelles, tant les systèmes étudiés sont généralement complexes.

Notons que les recherches proprement géologiques doivent de plus en plus être menées par des *équipes pluri-spécialités* (de Sciences de la Terre) et que celles touchant à l'activité humaine sont nécessairement pluridisciplinaires. Derrière le mot à la mode *d'Environnement* se trouvent le plus souvent des questions touchant aussi bien les Sciences de la Terre, la Physique ou la Chimie, la Biologie, la Géographie sans oublier certaines Sciences humaines et le Droit. Pour conclure, jamais on ne soulignera assez que les Sciences de la Terre se situent à la charnière des autres grandes disciplines scientifiques et que les nouveaux champs à étudier se situent eux même à leurs frontières.

2. Les Sciences de la Terre au Maroc : quelques défis scientifiques et de recherche développement

Au vu de ce qui précède, il existe de très nombreuses raisons de développer la recherche scientifique et la R & D dans le domaine des Sciences de la Terre au Maroc.

En premier lieu, pour des raisons historiques mais aussi du fait de la configuration géologique du pays, *l'inventaire est loin d'être achevé*.

La *carte géologique est un outil de base* et la récente décision de procéder au lever de secteurs clés du Maroc au 1/50.000ème le montre bien. En effet, la carte concerne aussi bien la connaissance géologique générale du pays que certaines de ses ressources potentielles.

La frontière entre préoccupations académiques et appliquées est ici très ténue. Le Maroc est un pays géologiquement complexe. Les zones plissées y sont nombreuses (Rif, Atlas, Anti-Atlas...) et comportent de nombreux terrains dont l'âge s'étend de – 2,8 milliards d'années à l'actuel, difficiles à dater. Dans un pays où la majeure partie des géologues universitaires sont de vrais spécialistes de terrain, ce potentiel humain et cette somme de connaissances acquises doivent être rentabilisés. L'importance de ce projet pour le développement du Maroc devrait être à nos yeux un *élément structurant de la communauté des géologues marocains*, tant les besoins nécessaires à sa réalisation font appel à l'ensemble des disciplines des Sciences de la Terre, traitant aussi bien de l'espace temps, du passé (à partir des données paléontologiques et géochronologiques) à l'actuel (glissements de terrain, sismicité historique), de la caractérisation de l'infiniment petit (pour les études pétrologiques et géochimiques des matériaux terrestres par exemple) à l'extrêmement grand (à partir de la télédétection) ; avec bien évidemment l'intention de servir l'identification de substances utiles, que ce soient les ressources minérales, celles d'hydrocarbures ou d'eau potable.

Dans le **domaine minier**, les énormes réserves de phosphate ne doivent pas faire oublier les autres ressources minières. L'extension des gisements actuels, la découverte de nouveaux gisements (*métaux rares*) passent par l'utilisation de méthodes géophysiques, géochimiques, hydrogéochimiques, méthodes qui sont évidemment à développer pour certaines, et pour d'autre à découvrir et expérimenter. De telles méthodes sont destinées à détecter pour certaines des anomalies de concentration parfois extrêmement faibles à partir de mesures effectuées en surface, même quand le minerai se trouve sous une couverture de quelques dizaines de mètres de roches stériles. L'amélioration des procédés d'enrichissement des minerais afin d'obtenir des produits rentables passe elle aussi par des recherches physico-chimiques, où les propriétés des minéraux doivent être prises en compte. Enfin, il est fréquent que les mines et exploitations à ciel ouvert provoquent des pollutions, des désordres de toutes sortes, nécessitant mesures, surveillance en continu, réaménagements.

Dans le **domaine pétrolier**, les recherches en offshore constituent un enjeu important pour le Maroc. Elles nécessitent une connaissance très poussée de la constitution géologique et de la structure des marges continentales situées, en l'occurrence, à plus de 1 000-1 500 m de profondeur sous la mer. C'est un enjeu international devenu réaliste du fait des progrès technologiques (prospection sismique, forages profonds sous 1-2 km d'eau, sécurité à grande profondeur). En outre les programmes scientifiques océaniques internationaux (DSDP-ODP) ont établi un corps de connaissances gigantesque sur ces régions².

Il ne faut pas sous-estimer les **autres substances utiles**. La nature fournit à l'homme de très nombreuses ressources minérales dont la prospection, l'exploitation, la réhabilitation des lieux d'extraction, relèvent des Sciences de la Terre. C'est évident pour les pierres de construction, les matériaux (calcaire et argile) nécessaires à la fabrication des ciments, les granulats (construction, routes etc.), certaines argiles pour les boues de forage, d'autres pour la porcelaine, les briques et tuiles, mais aussi les cosmétiques ou la pharmacie. Ici encore, levers de cartes géologiques, caractérisations minéralogiques et physico-chimiques peuvent donner lieu à de fructueuses collaborations entre secteurs académique et industriel.

Dans un pays comme le Maroc, **l'eau** revêt une importance particulière. Il s'agit évidemment des ressources nécessaires à une population croissante, à une agriculture en cours de modernisation. Au-delà des ressources et de leur accès, les nombreuses sources de pollution (nitrates et autres produits phytosanitaires, eaux de mines, industries chimiques, urbanisation etc.) constituent autant de problèmes. **L'hydrogéologie** est donc une discipline essentielle.

Dans le domaine de **l'Environnement**, plusieurs secteurs sont particulièrement importants. C'est, en premier lieu l'océanographie côtière et l'étude des transferts de sédiments le long du littoral. **L'aménagement des côtes**, le tourisme, conduisent souvent à des déséquilibres insoupçonnés que des recherches parfois très simples permettent de prévoir et de prévenir. **L'érosion des sols** liée aux conditions climatiques mais amplifiée par la déforestation et certaines pratiques culturelles est un thème de recherche à développer où, notamment, les approches quantitatives nécessitent encore des recherches fondamentales. Au Sud du pays ce sont surtout les phénomènes de **désertification** qui sont dangereux. Si le Maroc est à l'abri de risques volcaniques, il comporte par contre des **zones sismiques** qu'il importe de surveiller. Les glissements de terrain, les inondations sont autant de risques réels.

2. Quelques géologues marocains y participent ; certains ont même monté leur campagne en mer dans ce cadre – ce qui n'est pas un mince exploit, prouvant leur capacité et leur autonomie.

Signalons également, dans un autre domaine **la géologie des villes**. L'extension des agglomérations, de leurs réseaux souterrains de toutes sortes pose des problèmes de connaissance très détaillée du sous-sol.

On ne saurait achever cette énumération sans évoquer des préoccupations moins traditionnelles comme **la diffusion de la Science**. La présentation au grand public de sites géologiques (zones de plissements, roches particulières ou non, gisements de fossiles, commentaires de paysages...), et la création de petits Musées sont des objectifs utiles à la société. Ils constitueraient d'ailleurs autant de points d'ancrage pour une préservation raisonnée du patrimoine géologique. Il en est de même de l'édition de guides géologiques à l'usage de touristes marocains ou étrangers, de l'organisation de voyages scientifiques ou d'ouvrages de vulgarisation.

Cette revue nécessairement schématique et incomplète des objectifs scientifiques des Sciences de la Terre montre néanmoins que celles-ci concernent directement le développement du Maroc ³.

3. Les capacités scientifiques disponibles

Les chercheurs Marocains exercent dans des structures diverses : à l'Université (au sens large : facultés des sciences, facultés des sciences et techniques, grandes écoles), où ils sont « enseignants-chercheurs » ; et dans des organismes publics (Instituts, agences et directions ministérielles) ou privés (centres de recherche industriels), où ils sont employés à plein temps.

Les experts ont partout rencontré des scientifiques de très bonne qualité. L'impression selon laquelle les cadres nécessaires au Maroc existent est certainement justifiée. Elle doit cependant être tempérée par plusieurs remarques.

3.1. À l'université

1) La majeure partie des géologues universitaires sont de vrais spécialistes de terrain.

- On peut dire en première analyse qu'ils ont un *niveau scientifique équivalent à celui des universités étrangères*.
- Ils ont acquis, grâce aux thèses de doctorat soutenues, *une somme de connaissances de détail, qui est probablement inégalable*. Avec leur éventail de spécialités (de la paléontologie au magmatisme), ils sont le mieux à même

3. En chaque domaine, les experts précisent quel peut être l'apport des universitaires. Il tient à leur grande culture géologique et à leur compétence, notamment dans le lever de cartes détaillées. Leur connaissance du contexte peut être extrapolée (par ex. des marges océaniques fossiles étudiées à terre à celles actives en mer). Ils peuvent contribuer à améliorer les méthodes de traitement des minerais, de suivi des pollutions, de réhabilitation des terrains... Symétriquement, il convient qu'ils s'accoutument aux enjeux et contraintes du travail industriel.

de produire des cartes géologiques avec des notices détaillées réellement informatives.

Ce potentiel humain et cette somme de connaissances acquises doivent être rentabilisés.

2) **Manquent toutefois un certain nombre de disciplines**, aujourd'hui importantes :

- On constate qu'il existe très peu de *géophysiciens, de géochimistes, géochronologistes et de modélisateurs*, spécialités pourtant intégrées depuis une vingtaine d'années aux équipes de recherche et cursus de formation de la plupart des universités étrangères. Ceci tient vraisemblablement au fait qu'il n'existe pratiquement pas au Maroc d'équipement adapté permettant de développer ces disciplines.
- Le manque de moyens en nouvelles technologies de l'information explique aussi vraisemblablement le petit nombre de spécialistes rencontré traitant de *Téledétection ou de SIG*, spécialités devenues pourtant incontournables pour le traitement et la restitution de l'information géologique au service des décideurs économiques.
- Enfin, on a pu constater que de nombreuses équipes avaient désormais des activités dans les domaines de *l'Environnement*, intégrant des hydrogéologues et des pédologues : spécialités qu'il conviendra très certainement de développer encore en y affectant des équipements et moyens financiers et humains supplémentaires.

Les nouvelles disciplines que l'on vient de citer *sont sous représentées* au Maroc. Elles nécessiteraient d'être développées, pour assurer le développement de laboratoires performants et novateurs, dans *des domaines en pleine évolution ou émergents*.

Les experts suggèrent deux voies en ce sens :

- une reconversion thématique d'une partie des enseignants actuels (en leur permettant de bénéficier de *sabbatiques* par exemple) ;
- et des *recrutements ciblés, en fonction de la politique de recherche* définie dans les laboratoires concernés.

Ils indiquent toutefois qu'il faut raison garder : dans la majorité des pays développés, on constate actuellement la disparition progressive de géologues dits naturalistes au profit des spécialistes de mesures et de modèles. Ceci s'avère tout à fait excessif. Il ne faudrait surtout pas que le Maroc suive ce mauvais exemple. N'oublions pas que la formation d'un géologue de terrain nécessite au moins 10 ans et que comme souvent dans les sciences d'observation plus un chercheur accumule d'expériences variées, meilleur il est.

Autant la diversification est souhaitable autant le maintien d'une forte géologie de terrain est indispensable.

3) L'investissement et la motivation baissent.

- Leur statut a pratiquement imposé aux enseignants-chercheurs de poursuivre des activités de recherche, ce qui est évidemment très positif. Cependant, quitte à paraître un peu cynique, il ne faut pas cacher que la motivation va peu à peu s'atténuer avec le temps, compte tenu du système marocain de *promotion*, qui les a tenus en haleine parce qu'il lie leur évolution de carrière à l'obtention de leur thèse d'État (chose aujourd'hui faite pour la plupart d'entre eux).
- Dans tous les établissements, certains personnels ont arrêté toute activité de recherche. D'autres se sont tournés vers des recherches plus appliquées et des activités d'expertise ; quelques uns se sont convertis à des activités administratives.
- La motivation va aussi diminuant, compte tenu du manque de moyens dont les enseignants disposent pour réaliser leur recherche. Leur crédibilité à l'extérieur en est très affectée. Leur propre recherche « fondamentale » en est obérée, et leur potentiel de créativité considérablement grevé, d'autant qu'ils ont aussi des difficultés pour accéder au terrain (manque de véhicules), ou aux jeux de données parfois disponibles sur le territoire marocain.
- Sauf exceptions (EMI, Kenitra, Marrakech) nous n'avons pu rencontrer que très peu de doctorants dans les laboratoires visités. Or, ce sont des acteurs importants de la recherche. Leur présence est souvent utilisée comme un indicateur de la vitalité de la structure de recherche ou de la discipline considérée ⁴.

Le pays a besoin de développer sa recherche dans plusieurs domaines stratégiques qu'abordent les Sciences de la Terre, comme par exemple ceux liés au secteur minéral et minier, aux ressources en eau et aux problèmes de pollution des aquifères. Il nous apparaît important :

- malgré la baisse tendancielle du nombre d'étudiants, de procéder à des *recrutements ciblés d'enseignants-chercheurs en fonction de ces besoins*. Il s'agit de *pallier les retraits de la recherche*, pour éviter une chute de l'activité ; et d'assurer la transmission du savoir faire, avant les départs en retraite massifs des prochaines années ;
- de prendre quelques mesures en faveur des **étudiants en thèse**, afin qu'ils choisissent ce type de formation. En particulier, de les doter d'un statut d'Étudiant-chercheur, et d'un salaire (ou d'une *bourse* convenable, éventuellement assurée par un organisme privé ou semi-public dans le cadre d'un contrat).

4. Employés à plein temps, ils vont plus vite à l'essentiel sur des sujets déjà défrichés par leurs encadrateurs, tout en portant un regard nouveau sur le domaine étudié.

- *d'équiper* les chercheurs des moyens nécessaires pour exprimer leur savoir faire, valoriser leurs compétences, et gagner en crédibilité aux yeux de commanditaires ;
- dans le cadre d'une recherche structurée, de *valoriser* (y compris matériellement) les responsabilités prises et les résultats obtenus.

3.2. Dans les autres organismes d'État et les entreprises privées.

Les experts consacrent plusieurs pages à ces organismes, dont ils ont visité bon nombre. Il en ressort que :

- *leurs cadres* sont généralement des professionnels très qualifiés ;
- *les organismes d'État* donnent évidemment priorité aux missions de service public⁵. Ils sont tournés vers leurs clients, efficaces et généralement bien organisés.
- leur fonction n'est pas de recherche. Mais elle comporte souvent la collecte de données de terrain, la récolte d'échantillons et leur première analyse⁶ ;
- ces organismes sont, sauf exception, dotés *d'équipements* analytiques performants, parfois ultra modernes (télétection), adaptés à leurs besoins spécifiques ;
- des collaborations ponctuelles, informelles ou sanctionnées par des conventions, se nouent entre ces organismes et l'Université (en particulier les grandes écoles) : c'est le plus souvent autour de la réalisation de thèses, mémoires, et de quelques formations spécialisées.

– *Une attention particulière est portée aux entreprises industrielles qui, soit pour leurs besoins de production, soit pour traiter les nuisances induites, réalisent des travaux de « recherche développement ». Mention spéciale est faite du Centre d'études et de recherches sur les Phosphates, qui apparaît comme un modèle.*

– Pour ses besoins de recherche spécifiques (exploitation, traitement, valorisation des minerais ; impact sur l'environnement...), le CERPHOS a mis en place des *moyens humains* disposant d'un grand savoir faire. Il s'est équipé de matériels d'analyse ultramodernes ; et le personnel technique au niveau de compétence requis est attaché aux équipements pour leur utilisation et un rendement optimal. En outre, le CERPHOS joue dans son domaine un *rôle important et moteur de relation* avec les universités : recherches contractuelles

5. Le CNRS assure la surveillance sismique. Le BRPM et l'Onarep se chargent de l'évaluation et de la promotion des ressources minières du Maroc. La Direction de la géologie et le Centre Royal de Télétection ont à faciliter le travail des opérateurs économiques, et à promouvoir des méthodes utiles aux décideurs...

6. « Bien que ces réalisations très techniques ne constituent pas en soi de la recherche proprement dite, elles apportent *des données* essentielles, parfois issues d'études très sophistiquées (Onarep : sismique, forage, pour l'évaluation des réserves pétrolières et de gaz). Elles participent donc à l'effort de recherche en Sciences de la Terre du pays ».

– y compris de thésards –, encadrement de doctorats d'État, animation d'un club recherche-industrie à base d'ateliers et de rencontres⁷.

Les experts peuvent conclure que :

Mis à part certains domaines pour lesquels il n'y a pas eu de recrutements récents (géophysique, géochimie, géochronologie, hydrogéologie...), les cadres Marocains sont *potentiellement parfaitement capables* de traiter la plupart des problèmes géologiques et environnementaux que se pose le Maroc. Encore faut-il qu'ils soient correctement équipés, et que la recherche soit structurée.

4. Les équipements

C'est, selon les experts, le principal goulot d'étranglement de la recherche marocaine en sciences de la terre.

Ils distinguent trois sortes de besoins : les grands équipements, les petits, et la documentation (sans préjuger du besoin de locaux propres affectés à la recherche).

4.1. Les grands équipements

Il est désormais impossible d'effectuer une recherche de haut niveau dans les Sciences de la Terre sans équipements de pointe. Il est clair que le haut niveau de compétence des spécialistes marocains n'a pu être maintenu que grâce aux coopérations internationales. En effet, la plupart des analyses qu'ils publient dans les revues scientifiques s'avèrent faites à l'étranger... Il semble qu'il en soit de même pour la plupart des analyses faites pour la carte géologique, car le ministère de l'Énergie et des Mines ne dispose pas des capacités instrumentales adaptées.

L'expérience montre toutefois que pour acquérir les équipements lourds nécessaires au développement au Maroc même d'une recherche au plus haut niveau, il est indispensable de penser en termes de plateformes technologiques mutualisées, soit à l'échelle d'une université ou de plusieurs universités⁸. Ces centres doivent prévoir, à leur création, le recrutement du personnel technique qualifié pour leur réception et leur maintenance courante. Parmi ces plateformes, il faudrait vraisemblablement en prévoir une constituée de *moyens de calcul* importants (modélisation des systèmes complexes).

7. La société Reminex a aussi une activité de recherche-développement, très appliquée, contribuant à améliorer les méthodes de prospection et de minéralurgie. Pour cela, elle dispose de *moyens analytiques* qui semblent tout à fait adaptés. Elle a développé des conventions avec les universitaires : la géologie et les problèmes de prospection servent souvent de sujets de thèse de doctorat.

8. Seul au Maroc le CERPHOS dispose, en état de marche, de la panoplie analytique digne d'un grand laboratoire de recherche européen. Quelques plateformes analytiques plus spécialisées (géochimie...) semblent exister au BRPM, ou en sociétés privées (Reminex) ;

4.2. Les petits équipements

À côté de ces grands équipements, les scientifiques des Sciences de la Terre devraient avoir à leur disposition toute une panoplie d'équipements courants, très spécifiques.

Le premier d'entre eux consiste en *véhicules de terrain* (et plus précisément tous terrains), outil indispensable du géologue.

Quant aux petits équipements (le laboratoire de confection de lames minces de roches est au premier rang), ils sont très variés ; une bonne pratique, observée par les experts, est de les financer, lorsqu'ils se prêtent à la recherche appliquée, à partir de fonds obtenus sur contrats. À cette même rubrique, il convient de mentionner les *moyens informatiques*, désormais devenus outils de base du géologue, y compris sur le terrain (ordinateurs couplés à GPS et appareil photo-numérique, logiciels de calcul et de traitement des données satellitaires).

4.3. La documentation

L'accès à l'Internet, qui semble heureusement assez général, ne pallie que très partiellement le dénuement des bibliothèques. L'accès à la documentation (et pas seulement à des références bibliographiques) est essentiel pour la formation permanente des enseignants. Il est de première importance pour le développement d'une recherche de qualité.

Il s'agit d'un **besoin très urgent**. Il est réellement souhaitable que des efforts soient faits à *l'échelle nationale* pour y faire face. **Les abonnements groupés aux grands périodiques**, en ligne sur Internet, peuvent permettre de remédier à la situation (dans le cadre de la création de l'IMIST et du développement du réseau Marwan).

4.4. Les locaux

Mention est faite pour finir du besoin, qui n'est pas un luxe, de locaux propres à la recherche (y compris salles de réunion, et bureaux isolés où réfléchir sans être constamment dérangé).

en télédétection, le Centre Royal est très bien outillé ; mais ces équipements sont inaccessibles aux chercheurs, sauf travail sur des sujets dictés par les organismes. Pour le reste, quelques Universités ont mis en commun un ensemble d'appareils ; et quelques établissements disposent d'équipements lourds isolés. Mais leurs efforts méritoires sont généralement contrariés par des pannes irrémédiables, dont les raisons doivent alerter les promoteurs de toute nouvelle plateforme technologique (absence *d'ingénieurs et de techniciens supérieurs*, inadéquation du personnel technique actuel, manque de fonds pour moderniser (et réparer) les équipements existants...).

5. La structuration de la recherche

5.1. Les laboratoires de recherche

Il suffirait sans doute de quelques règles simples pour en définir les contours :

1. les laboratoires actuellement constitués autour des disciplines fondamentales gagneraient à se regrouper en (grands) laboratoires ou unités de recherche, comportant un nombre conséquent de scientifiques de spécialités complémentaires. Ils seraient ainsi capables de travailler sur des chantiers communs, en fonction des programmes ou commandes ; ils se constitueraient suivant les besoins en sous groupes fonctionnels à géométrie variable, en personnel et dans le temps. Ils y gagneraient en lisibilité et en visibilité. Ils auraient à conduire des recherches fondamentales mais aussi appliquées (évidemment plus lucratives, mais aussi garantes de pertinence)⁹.
2. les laboratoires ou unités de recherche ainsi constitués devraient être *évalués et accrédités par un organisme national*, comme le sont actuellement les UFR, sur la base de leur bilan et de leur *projet de recherche* pour une durée donnée (4-6 ans par exemple). Ceci leur vaudrait en retour de bénéficier d'un *financement récurrent* de la part de leurs organismes de tutelle, leur permettant de fonctionner dans la durée. Ce dispositif nécessite évidemment qu'une *législation* donnant un statut légal aux laboratoires de recherche soit élaborée et que des comités d'évaluation soient mis en place au niveau national pour proposer l'accréditation de ces unités de recherche.

De tels comités spécifiques à chacune des disciplines scientifiques pourraient parfaitement prendre part à la définition d'appels d'offres pour la réalisation de *grands programmes* scientifiques, d'importance pour le développement du Maroc. Cela nécessite sans doute la mise en place d'une *agence de moyens* marocaine, au service du financement public de la recherche à partir de programmes. Les grands programmes pourraient être décidés à niveau (inter-)ministériel, leur orientation pouvant être arrêtée en concertation avec leurs « clients » nationaux naturels.

5.2. Super structures de la recherche

C'est aux universités de soutenir la recherche dans leur périmètre, de lui assurer des locaux adéquats, de veiller à l'entretien des équipements, à la qualité des personnels administratifs (non pas censeurs mais facilitateurs), à la promotion de quelques laboratoires de haut label. C'est à elles aussi d'assurer les cohérences nécessaires entre Facultés qui en relèvent, et d'organiser en certains domaines, et l'Environnement en est un, une nécessaire et réelle interdisciplinarité.

9. Le ratio fondamental/appliqué variera, selon les compétences existantes et les objets d'étude définis.

Cette remarque peut être transposée à l'échelle du pays, où l'importance de certains thèmes scientifiques justifie la création de laboratoires sans murs, accrédités comme les autres, et regroupant pour une durée déterminée des spécialistes de plusieurs universités.

C'est aussi à l'échelle nationale que de grands programmes, comme indiqué plus haut, pourraient faire l'objet d'appels d'offre, adressés aux laboratoires (dont l'existence conditionne à long terme la capacité de réponse rapide et fonctionnelle de la recherche nationale à des besoins évolutifs).

5.3. Relations organismes publics ou privés et universités, le problème des contrats

Les experts constatent qu'un nombre certain de chercheurs ont bien compris qu'il était important de participer au développement de leur société, en se consacrant à des sujets en rapport par exemple avec des besoins industriels, avec l'aménagement du territoire ou l'environnement. En témoignent nombre de collaborations tissées de manière ponctuelle ou ancienne, informelles et parfois conventionnelles¹⁰.

Pourtant, il semblerait que *les relations entreprises – offices publics – organismes universitaires ne soient pas toujours des plus aisées*, les causes des difficultés rencontrées pouvant être multiples :

- 1) mauvaise réactivité de l'université jugée non fiable par certains instituts, ministères ou organismes privés. Cela dérive d'une méconnaissance (ou incompréhension par les enseignants) des objectifs et contraintes politiques ou marchands, pouvant entraîner parfois une certaine désinvolture à leur égard : délais mal respectés, traduction opératoire mal faite ;
- 2) individualisme des chercheurs et faible taille d'équipes trop spécialisées. Certaines compétences leur manquent, pour répondre à des problèmes complexes ou d'envergure ;
- 3) manque de répondant de la part des organismes pouvant mettre des fonds dans les projets présentés par les universitaires. L'aide qui leur est consentie est souvent considérée comme une aumône faite à la recherche, et non comme une source d'information de fond (bien qu'on s'en serve en ce sens). Il semblerait qu'il manque une vraie reconnaissance du besoin structurel d'études, et de lieux où débattre régulièrement d'un choix des sujets ;
- 4) sentiment d'être nettement exploité par chacune des parties. Les entreprises ont l'impression d'être non prises au sérieux comme partenaires, et seulement approchées comme mécènes. Les universitaires ont l'impression d'être traités en supplétifs et peu écoutés dans leurs recommandations ;

10. Avec BRPM, CERPHOS, Onarep..., et plus récemment certaines collectivités territoriales.

- 5) absence de cadre administratif permettant aux universités de contracter aisément avec les autres établissements ou organismes privés ;
- 6) manque d'expérience et de pro-activité des universitaires pour monter eux-mêmes des consortiums internationaux ; inexpérience dans le choix autonome de sujets, la réflexion sur leur pertinence, la vision des grands enjeux économiques et scientifiques nouveaux.

Ces malentendus et dysfonctionnements devraient faire l'objet d'une attention particulière, de publicité donnée aux collaborations réussies, d'opérations de rapprochement imaginatives à l'initiative des universités et du ministère. C'est à un double changement de culture (universitaire et de la part des opérateurs économiques ou publics) qu'il est fait appel, en urgence¹¹.

5.4. Rôle de la profession

C'est aussi à la profession de s'organiser, pour promouvoir le rôle national des Sciences de la Terre, faire connaître leur capacité, encourager la recherche (des travaux fondamentaux à leur application), et faciliter le rapprochement entre praticiens et chercheurs, commanditaires et opérateurs.

Une étape significative, hautement structurante, consisterait à faire vivre ou revivre une véritable **Société géologique du Maroc** (ou Société des Sciences de la Terre).

Elle pourrait prendre en charge l'organisation d'un congrès national annuel et multispécialités en ce domaine. Nous croyons qu'une telle association serait en mesure de **regrouper géologues universitaires, chercheurs des organismes autres et praticiens** des sociétés privées afin de développer les échanges dans

11. La réalisation de *la nouvelle carte géologique du pays* a donné lieu à un **débat emblématique**. Les géologues marocains n'ont *pas toutes les compétences* requises (ni les moyens de collecte et de traitement des données) pour rendre la totalité des résultats exigés dans l'opération (couvertures géophysique et géochimique notamment). Mais la plupart d'entre eux sont d'authentiques et d'indéniables experts de la cartographie, forts de leur énorme expérience passée au lever de cartes et de leur *connaissance géologique inégalable de leur pays*. Ils se sont jugés écartés, ou réduits à un rôle de consultants (dont certains ont pu fort bien s'accommoder). Certes le cahier de charges, avec ses obligations de délais, rendait leur intervention difficile. Il convient néanmoins de mentionner *qu'au moins une équipe marocaine* a pris l'initiative de constituer autour d'elle un consortium international pour répondre à l'appel d'offre précité. Elle *a donc su reconnaître ses lacunes*, comme en a tout laboratoire, *et user de sa crédibilité* pour entraîner dans un partenariat clair les nécessaires compétences externes. Une autre au moins a signé un *contrat de sous-traitance régulier* avec l'attributaire du marché, pour réaliser partie du lever et de la notice de deux cartes. Ces cas, trop rares, prouvent qu'il était possible de prendre place dans l'entreprise ; mais probablement au prix de beaucoup d'initiatives, de discipline de groupe, et d'une très grande dépense d'énergie : la valorisation du capital marocain de savoir mériterait d'être mieux facilitée.

le but de valoriser leurs savoir faire et de faire mieux connaître leur discipline à la société civile et aux décideurs économiques.

Cette société géologique pourrait par ailleurs prendre en charge la responsabilité scientifique de la *publication d'une revue marocaine* des Sciences de la Terre, à comité de lecture et donc à vocation internationale, qui serait cette fois garante de la qualité des publications parues¹².

Conclusions

L'extrême richesse géologique du Maroc justifie pleinement le développement de la recherche scientifique dans le domaine des Sciences de la Terre. C'est un domaine vaste qui recourt à une panoplie de méthodes (aujourd'hui sophistiquées) et qui recouvre une variété de questionnements : depuis les plus fondamentaux comme par exemple la formation des chaînes de montagnes, jusqu'aux plus appliqués comme ceux traitant des ressources minières et pétrolières, en passant par les problèmes de société comme ceux liés à l'identification des ressources en eau du pays et à leur gestion durable.

Le potentiel humain en Sciences de la Terre est ici d'une grande richesse, fort de spécialistes de haut niveau formés dans des universités étrangères, ayant une culture de recherche dans les domaines fondamentaux et appliqués. La qualité des travaux réalisés, et les relations internationales qu'ils ont induites, illustrent bien les compétences existantes. Mais ce potentiel devra être en partie renouvelé dans la décennie à venir.

La volonté qu'affichent les enseignants-chercheurs des Sciences de la Terre des organismes universitaires d'orienter leurs recherches vers des domaines liés au développement de leur société est à souligner, d'autant que plusieurs d'entre eux ont déjà réalisé cette mutation. Pour favoriser les échanges avec les mondes économique et social, il serait souhaitable que la législation sur les contrats soit revue afin que les relations organismes privés – organismes d'état – universités soient plus aisées. Cependant, il est tout à fait souhaitable qu'une partie des enseignants-chercheurs des Sciences de la Terre poursuivent leurs actions de recherche fondamentale, qui sont aussi créatrices de richesse, mais en amont et à plus long terme.

Les enseignants chercheurs des Sciences de la Terre des organismes universitaires doivent certainement *se regrouper* en unités ou laboratoires de recherche de dimension plus large que l'existant, pour *mutualiser* leurs moyens, leurs compétences et leurs forces. Ces structures devraient être évaluées et accréditées par un organisme national adapté et garant d'une politique de

12. Ce type de revue pourrait provenir de la fusion de revues spécialisées existant déjà au Maroc, mais de diffusion probablement limitée, comme par exemple les publications du ministère de l'Énergie et des Mines, le *Bulletin de l'Institut Scientifique* ou la revue *Géo-Observateur*.

recherche nationale qui, en retour affecterait des moyens financiers récurrents à ces unités, labellisées sur la base de leurs bilans et projets. Il s'agit de permettre à ces quelques unités de poursuivre une recherche de qualité dans la durée.

Les recherches en Sciences de la Terre demandent de plus en plus de moyens analytiques de pointe. Il apparaît souhaitable que soient mises en place des plateformes analytiques afin que les chercheurs marocains puissent rivaliser avec leurs collègues au niveau international. Ils devraient *tout autant* pouvoir disposer des petits équipements de base nécessaires au développement de leur recherche, y compris de moyens informatiques et de documentation. Ceci est fondamental pour qu'ils progressent, qu'ils forment au plus haut niveau les futurs cadres dans leurs universités, et qu'ils parviennent à publier, en revues internationales. Ils doivent d'autre part veiller à conserver leurs compétences exceptionnelles de naturalistes qui font d'eux de réels experts de plus en plus introuvables dans les pays d'Europe.

Enfin, les chercheurs doivent poursuivre la *valorisation* de leurs activités de recherche, en publiant activement leurs résultats scientifiques dans des revues de haut niveau, en présentant leurs recherches dans les colloques nationaux et internationaux, en participant à la mise ne valeur du patrimoine géologique marocain, et en développant intensément les échanges avec les acteurs socio-économiques.

CHAPITRE 11

Agronomie, agriculture, forêts

EXPERTS

DANIEL RICHARD-MOLLARD, JACQUES GAILLARD,
FRANÇOIS LE TACON, TREVOR JOHN PERFECT

Six experts ont participé à l'Évaluation des sciences agricoles, dans des sous domaines divers. Un rapporteur général a été chargé de recouper les observations, et de situer l'importance du domaine pour le Maroc (ci après).

Nous donnons aussi des extraits de rapports spécifiques, concernant l'agronomie et les forêts. Les rapports sur les Sols et sur l'Eau figurent à la suite.

1. Rapport général

La recherche en agriculture présente des similitudes avec celle en sciences de la mer :

- *par son orientation, finalisée ;*
- *par son organisation, duale*
- *par ses atouts et ses faiblesses : chercheurs bien formés mais besoin de coordination.*

Une recherche « finalisée »

Celle ci se définit, quelque part entre la recherche fondamentale et les travaux d'application, comme une recherche qui produit les concepts et les technologies de base, préliminaires et nécessaires à la recherche-action. La recherche soutenue aujourd'hui par l'Union européenne est clairement de ce type. La recherche que la Mission a rencontrée dans les universités et les instituts du Maroc l'est aussi.

Selon le rapporteur général, la recherche marocaine est de ce fait bien positionnée. Il signale toutefois deux déviations possibles :

- *une « recherche finalisée » n'a de sens que si elle est effectivement relayée par une démarche applicative, menée par des ingénieurs-chercheurs, et qui produit des savoir-faire inédits, des brevets, des outils et des produits nouveaux comme des obtentions végétales, des molécules pour la santé ou des capteurs pour l'industrie. La recherche universitaire manque parfois de compétences sur ce plan ; mais aussi de relais avec le monde économique, et de dispositifs adaptés, pour que les élèves traduisent en ce domaine le legs du maître avec son aval et son soutien ;*

- la recherche finalisée (par exemple la recherche pour l'agriculture, l'environnement, la santé et l'alimentation) a pour vocation d'apporter des questions nouvelles et des modèles originaux à la recherche dite fondamentale. Cette seconde Mission est trop souvent négligée voire ignorée des chercheurs « finalisés », qui peuvent avoir la tentation de se concentrer sur des travaux de simple application de concepts et de méthodologies développés dans les sciences pures, et de se « spécialiser » excessivement dans des domaines trop fermés. La recherche hors université (en écoles et en instituts) n'est pas à l'abri de cette tentation¹. Or, *une recherche, même appliquée, qui est sans relais ni interface avec la science de base ne permet ni le discernement de voies nouvelles applicables, ni l'engagement dans des projets d'envergure*².

Un dispositif dual

Comme souvent dans les domaines d'intérêt pratique, le dispositif de recherche est dual. Il repose sur un « Institut de Mission », l'INRA³, en charge de nombreuses routines, et sur l'enseignement supérieur, ici partagé entre des écoles d'ingénieurs et l'université⁴. L'INRA et les écoles sont budgétisés par le ministère de l'Agriculture.

Un tel dispositif suppose une *coordination* serrée, difficile à établir. Néanmoins, le schéma organisationnel est clair, les moyens humains disponibles théoriquement importants, les efforts de structuration et de clarification des objectifs très visibles dans la période récente.

La Mission constate toutefois un décrochage, qui risque de s'aggraver, entre les ambitions affichées et les réalités de la recherche ; ainsi qu'entre recherches nationale et internationale, celle-ci progressant de façon très rapide en sciences de la vie et en biotechnologies.

1. Les enseignants des écoles et chercheurs d'instituts sont souvent surchargés de propositions (rémunératrices) d'expertise et de service, qui absorbent leur temps mais ne se confondent pas avec une activité de recherche.

2. Ce n'est pas en perfectionnant la chandelle que l'humanité a inventé l'ampoule électrique... et c'est souvent l'injection de technologies développées dans des secteurs d'activité éloignés qui produit l'innovation où on ne saurait la prévoir. (ex de la cuisson extrusion en industries céréalières...).

3. Institut national de recherche agricole. Dans le domaine des Forêts : Centre national de recherche forestière.

4. *Écoles* : notamment, Institut agricole et vétérinaire Hassan II ; École nationale d'agriculture de Meknès ; École nationale des Eaux et Forêts. Plusieurs universités ont développé des capacités remarquables en biologie (végétale, animale, moléculaire), en sciences de l'eau, et en divers domaines applicables en agriculture (physique des membranes, corrosion, etc.).

Atouts et handicaps

Dans les rapports détaillés de la Mission, on lira l'évidence qu'il existe ici et là **des équipes à fort potentiel, groupées autour de leaders** qui vivent et font vivre la recherche par leur énergie, leur charisme et leur réseau de relations internationales.

Si la qualité est bien là, on s'inquiète par contre de la quantité. Dans l'ensemble et dans l'état actuel du dispositif, on admettra que seuls 20 à 30 % des enseignants chercheurs sont mobilisés par une activité de recherche, de quelque niveau qu'elle soit.

La Mission estime que cette situation tient au fait que **la recherche n'est pas reconnue**. Du moins ne l'est elle pas (sauf par les chercheurs eux-mêmes...) comme facteur décisif de progrès et moteur du développement. Cela vaut de la part du grand public, du monde socio-économique, mais aussi de responsables du système lui-même⁵. Cela se lit partout, dans la non-existence de budgets spécifiquement dédiés, ou la non prise en compte de l'activité de recherche dans l'évaluation des acteurs de cette recherche.

Dans le cadre du système dual, cette faible reconnaissance a des traductions aux accents variables. L'absence d'un **statut du chercheur** porte un vif préjudice à l'activité des centres de recherche⁶. À l'université et dans les écoles, le problème majeur est dans la faiblesse de l'équipement, et dans l'absence de moyens identifiés de fonctionnement (sauf volonté des chefs d'établissement).

Des scientifiques bien formés mais sans moyens suffisants

En attendant, la production repose sur une base étroite. S'agissant des leaders scientifiques que la Mission a rencontrés, le plus frappant est certainement la motivation très forte qu'ils manifestent pour la recherche, à laquelle ils portent un intérêt personnel très grand. Ces chercheurs sont bien formés, et d'autant plus à jour qu'ils entretiennent des relations avec des laboratoires internationaux. Ils accèdent ainsi au renouvellement des concepts et méthodes, s'appuyant très souvent sur les moyens analytiques desdits laboratoires.

Il est malheureusement clair que pour la plupart, dans leurs laboratoires d'instituts ou d'université, ils n'ont pas les moyens matériels et budgétaires de prendre leur autonomie et de développer en propre des recherches de niveau international. Les conditions de production s'y prêtent mal. Faute de budgets

5. Depuis certaines instances ministérielles jusqu'aux doyens et directeurs généraux : sauf exception, ils font preuve de peu d'initiative pour appuyer les équipes de recherche de leurs établissements.

6. Comme au cas des sciences de la mer (mais aussi des sciences médicales, ou nucléaires...). Au passage de la mission, l'INRA (Institut national de recherche agricole), était paralysé de ce fait par des grèves longues à répétition.

dédiés à la recherche et sanctuarisés dans chaque établissement sur une ligne propre, l'essentiel manque de façon chronique. Signalons en particulier :

- *l'équipement*, et les moyens de sa maintenance
- épisodiquement, les consommables
- plus grave : les moyens du *maintien à niveau* des chercheurs.

Un chercheur bien formé est une denrée hautement périssable, s'il ne s'entretient pas activement dans sa discipline. Cela suppose des moyens pérennes en temps et en budget. Bilans de compétence, séjours sabbatiques, accès aux conférences internationales, invitation de chercheurs seniors étrangers pour des séminaires, les outils efficaces sont connus, il importe de les mettre en œuvre.

- enfin, priorité des priorités, l'accès en direct et en temps réel à *l'information scientifique* et technique internationale : les fonds documentaires sont anciens, et les abonnements aux revues abandonnés. C'est préjudiciable à la qualité de l'enseignement supérieur, et mortel pour la recherche à court terme. La solution pourrait venir, grâce à un équipement informatique déjà assez développé, d'une mise à disposition *sur le bureau des chercheurs* tout d'abord des bases bibliographiques de leurs domaines de spécialité, puis des publications in extenso via Internet. Ce n'est pas hors de portée, et la création de l'IMIST et Marwan donne espoir en ce sens.

L'évaluation, un moteur essentiel absent

Un troisième constat majeur que fait la Mission est celui de *l'absence frappante d'évaluation* des chercheurs et des structures.

De manière certainement caricaturale, on dira que le principe même de l'évaluation est de faire examiner par une tierce partie indépendante les tenants et aboutissants d'une activité de recherche, ladite tierce partie produisant un avis, après examen compétent de la question qui lui est posée.

L'évaluation est aujourd'hui dans les pays scientifiquement forts une routine dont l'utilité est unanimement reconnue par les acteurs de la recherche. Il semble intéressant de souligner les principaux avantages que chacun en retire.

L'ÉVALUATION : UNE RÉFÉRENCE POUR LES CHERCHEURS.

L'évaluation la plus fréquente pour un chercheur est l'exercice de *la publication* scientifique. Les « reviewers » des revues nationales ou internationales dites « à comité de lecture » jugent en toute indépendance de l'originalité et de la qualité d'un résultat, et en proposent ou non la publication. C'est en allongeant année après année sa liste de références « certifiées » par les pairs scientifiques que le chercheur construit progressivement *sa crédibilité, sa renommée et son rayonnement*.

Rien de particulier ici pour les chercheurs marocains : ceux qui ont des résultats publient⁷. C'est au niveau hiérarchique supérieur que la question se pose, dans la mesure où il ne semble pas que les publications d'un chercheur

soient véritablement prises en compte dans le déroulement de sa carrière, ni que la performance d'ensemble d'un groupe de recherche sur plusieurs années ait une quelconque influence sur les moyens en équipement ou les postes nouveaux qui peuvent lui être attribués. Autrement dit, des chercheurs ne publient pas mais ne périssent pas pour autant et ils peuvent même bénéficier de promotions⁸...

L'ÉVALUATION : INSTRUMENT DE MANAGEMENT POUR LES DÉCIDEURS

Pour l'État, ministère de l'Agriculture et ministère délégué à la Recherche scientifique en l'occurrence, l'évaluation prend d'autres dimensions et répond à d'autres préoccupations.

L'*efficacité d'un organisme* sous tutelle se mesurera à l'adéquation des résultats obtenus (et certifiés par un tiers indépendant et de l'organisme et de l'État lui-même) à une politique de recherche. Celle-ci intègre des objectifs S & T, mais aussi socio-économiques préalablement précisés. En s'appropriant les conseils indépendants qui contiennent toujours ces avis et en les utilisant comme base du dialogue avec les chercheurs, les décideurs seront grandement aidés pour faire les arbitrages sur les moyens comme pour faire admettre les évolutions nécessaires au niveau des politiques de recherche.

L'organisation de telles évaluations nous paraît devoir être mise en place rapidement – ce qui suppose une solide communication et une démarche pédagogique forte de la part de l'État⁹.

Recherche finalisée et recherche utilitaire

Dans la situation actuelle, les dotations de fonctionnement des équipes de recherche sont tout à fait insuffisantes pour assurer leur activité de recherche finalisée. Il est donc compréhensible que les chercheurs se mettent en chasse de contrats vivriers pour leur laboratoire.

7. Même si la mission a eu souvent l'impression d'une sorte d'autocensure ou de complexe d'infériorité qui conduit à publier de préférence dans des revues nationales d'audience limitée, alors que les recherches conduites et les résultats obtenus permettraient de se confronter au niveau international.

8. Il est très clair pour la mission que la prise en compte des travaux publiés par les chercheurs doit être le premier critère d'évaluation individuelle des acteurs de la recherche. D'autres critères doivent être bien sûr regardés, responsabilités exercées, audience internationale, qualité de l'enseignement dispensé, nombre et qualité des contrats de recherche, etc. mais le premier des critères, le seul qui soit à peu près objectif, est le nombre et le niveau des publications scientifiques (ou des brevets licenciés, des ouvrages publiés, etc.).

9. Il faut insister sur trois points : 1) c'est aux organismes de mettre en œuvre l'évaluation, dans une logique d'appropriation de l'outil et de ses conséquences ; 2) l'évaluation n'est pas un tribunal mais un simple miroir ; aux acteurs d'en tirer les leçons pour faire mieux... et en obtenir des satisfactions légitimes ; 3) l'évaluation est le seul moyen efficace connu pour faire bouger un système à coût quasi constant et au bénéfice de tous.

La situation n'est pas différente dans le reste du monde. Toutefois, les pays qui misent sur *l'innovation* reconnaissent qu'il est nécessaire d'entretenir une recherche de haut niveau, dans au moins quelques secteurs fondamentaux.

C'est le cas notamment dans les Sciences de la Vie et les Biotechnologies, où la progression des connaissances est si rapide et quantitativement si importante que les savoirs nouveaux sont souvent dépassés avant même d'avoir pu être transférés. La qualité de l'apport est ici reconnue par les pairs. Une telle reconnaissance ne s'achète pas, elle se construit par *un soutien, constant dans la durée*, aux meilleurs laboratoires et aux scientifiques les plus féconds.

Au Maroc, selon ce que la Mission a pu voir, la sensibilité recherche est à peu près inexistante dans les entreprises agricoles et alimentaires, qui ne constituent donc pas une ressource possible pour la recherche. Les « contrats » que les équipes peuvent passer avec le tissu socio-économique national sont liés à des approches de court terme, et ne permettent pas de véritable investissement scientifique.

Par contre, au même titre que l'Europe ou ses États membres, le gouvernement marocain a mis en place des instruments incitatifs bienvenus, comme les programmes PARS et PROTARS I, II et III. La Mission note de manière très positive l'augmentation constante des budgets ainsi réservés au niveau de l'État. Il est assez probable que dans le secteur agricole et agroalimentaire, il y a un gisement de compétences et de motivations encore important, qui pourrait être valorisé par leur augmentation en volume.

Il serait évidemment souhaitable, comme elle l'envisageait au moment du passage de la Mission, que la direction de la recherche du ministère de l'Agriculture mette en place de son côté des financements significatifs de ce type. Il est en même temps difficile d'estimer la portée de ces initiatives, tant qu'une évaluation n'a pas précisé le nombre des chercheurs et des équipes en position de valoriser ces mesures.

Les besoins de recherche

Pour que le gouvernement s'investisse, il faut que le Maroc partage globalement une analyse sur le rôle de la recherche comme moteur de développement¹⁰. La recherche devient alors une priorité politique et non plus un élément disons décoratif. Encore l'État et le public doivent ils y voir de *bonnes raisons*. Ce n'est pas à la Mission de les dire. Indiquons cependant quelques pistes.

10. Les déclarations comme les décisions opérationnelles prises récemment dans ce sens par l'État – création d'un Secrétariat d'État à la Recherche en 1998, transformé en ministère délégué en 2002 – attestent de l'adhésion du Maroc aux grands principes énoncés ci-dessus.

La recherche est la meilleure garantie de cet *enseignement véritablement supérieur* qui est peut-être le meilleur investissement, et le plus durable, que puissent réaliser des nations pour leur avenir.

Une école ou une université qui ne disposerait pas de *l'esprit* et des moyens matériels de la recherche formerait aujourd'hui des cadres de manière incomplète. C'est particulièrement vrai dans les domaines d'avancée rapide des connaissances, où il faut être associé aux techniques et travaux novateurs pour en saisir les possibilités d'application.

Mais il est d'autres raisons, plus directes, d'investir dans la recherche finalisée. C'est particulièrement sensible dans le domaine de l'agriculture (au sens large) et des industries liées, dont *l'importance socioéconomique est actuellement majeure* au Maroc.

Économiquement, ce secteur appelle une « mise à niveau » pour exporter en pays riches¹¹. Socialement, c'est un secteur nourricier, et les objectifs de sécurité alimentaire sont loin d'être atteints. Écologiquement enfin, les systèmes sont fragiles. La double exigence de progrès en qualité et quantité passe par un recours à de nouvelles techniques, adaptées et imaginatives. Ce n'est qu'en s'appropriant et en valorisant à leur profit les acquis de la recherche scientifique et technologique, nationale *et internationale*, que le milieu sera préservé, et que les agriculteurs (et leurs encadreurs) progresseront¹².

Enfin on n'oubliera pas que les investissements publics forts qui seraient consentis pour la recherche dans le secteur agronomique ne généreront sans doute pas de retours sur investissement seulement dans ces secteurs, mais aussi et peut-être surtout dans d'autres secteurs clés comme le tourisme, la santé ou la gestion durable des ressources, la stabilisation des flux migratoires et bien d'autres.

Priorités et sujets

Il n'y a pas de politique sans priorités. Celles-ci ne sauraient consister dans un catalogue de tout ce qui est souhaitable. La stratégie privilégiera les activités soit de niveau international, soit très pertinentes socio-économiquement au Maroc.

11. Les exigences y portent désormais sur la qualité des produits, et la santé des consommateurs.

12. Les technologies évoluent vite, ainsi que les connaissances en sciences du vivant (génomique, biologie moléculaire...), sans lesquelles il n'y a guère de développement possible aujourd'hui en génétique, ou en physiologie végétale et animale. La mise à jour des responsables présents et futurs nécessite une nouvelle alliance du laboratoire et de la production. Plusieurs rapports sur l'agriculture et les domaines connexes (Eau) s'inquiètent du manque de connaissances technologiques, variées et récentes, des ingénieurs en charge des Projets de développement; et de certain manque d'imagination prospective et d'initiative hors des sentiers battus.

On référera bien sûr aux impératifs et contraintes du développement (démographie, urbanisation, fragilité des écosystèmes...), pensés de façon prospective. Plusieurs domaines sont majeurs pour le Maroc et le Maghreb en général : ceux notamment de l'agriculture-alimentation (y compris ressource en eaux), et des énergies renouvelables. Les priorités de recherche y sont à bien identifier.

Dans le domaine de l'agriculture, on gardera en vue que la sécurité alimentaire n'est pas atteinte. L'amélioration de la productivité reste sans doute la Mission principale des organismes de recherche. Cela n'exclut pas de la penser avec les ressources modernes de la recherche (génomique du vivant...), et en recourant aux techniques récentes (reproduction par clonage, palette des techniques hydrauliques...).

Le Maroc dispose de ressources biologiques particulières, qui sont des richesses pour la communauté nationale et internationale. Il s'agit de les exploiter.

Les sols, le climat, la ressource en eau et les ressources biologiques constituent des écosystèmes très originaux et fragiles en même temps, qui peuvent servir de modèles pertinents à des problèmes existant en Europe comme dans tout le Maghreb. L'agriculture de précision et l'écotoxicologie prennent ainsi une importance immédiatement perceptible.

Plutôt que de reproduire des travaux de recherche menés auparavant en Europe, aux USA ou ailleurs, en les justifiant par des matériels biologiques ou des questions « marocaines », on devrait encourager les chercheurs à miser sur l'un de leurs meilleurs atouts : l'originalité de travaux en rapport avec les conditions écophysiologiques très particulières disponibles dans le pays. On est en droit d'espérer voir ainsi se *développer des excellences* (par exemple en biologie végétale des stress salins ou hydriques...) sur la voie desquelles quelques laboratoires sont déjà engagés.

Cette stratégie suppose reconnaissance de la recherche, soutien à ses meilleurs acteurs, vision et ambition, autonomie et participation sans complexe à la compétition internationale. Les recommandations vont en ce sens.

RECOMMANDATIONS

- 1) La première est de « forcer » la reconnaissance de l'activité de recherche en tant que mission majeure des universités et des organismes spécialisés.
- 2) La seconde est de mettre en place l'évaluation de cette activité, et d'énoncer ses règles du jeu claires (critères), explicitées en détails et surtout communes à tous les acteurs de la recherche, quelle que soit leur tutelle¹³.

13. La première étape est de lister l'existant et de le faire évaluer par des comités indépendants (et autant que possible internationaux), pour éliminer les activités obsolètes ou hors de portée, et désigner celles à soutenir. L'évaluation courante devra porter ensuite périodiquement sur les chercheurs, laboratoires et structures.

3) La troisième est d'assurer, au moins à quelques laboratoires, l'accès autonome à l'information S & T internationale, un équipement convenable, et les moyens réguliers de fonctionnement¹⁴.

4) La quatrième insiste sur la nécessité d'une coordination serrée dans le secteur, et d'une politique de recherche. Priorités et modes d'organisation sont à repréciser, en fonction de la place promise à l'agriculture au Maroc et dans le contexte mondial¹⁵.

Conclusion

Le Maroc se trouve actuellement à un tournant décisif : quelques équipes ont les capacités et la volonté de se maintenir ou de se hisser au meilleur niveau alors que beaucoup d'autres sont près de démissionner.

Depuis 1998 avec la création du Secrétariat d'État puis ministère délégué chargé de la Recherche scientifique, la volonté politique de soutien au développement du pays par le développement de la recherche scientifique et technologique s'affirme très fermement. Différentes mesures incitatives ont déjà été prises, réseaux thématiques, réseau informatique Marwan, programmes incitatifs PARS et PROTARS en particulier, que la Mission salue avec force.

La Mission souhaite bien sûr que cette pente puisse être maintenue dans les prochaines années, en espérant que les analyses qu'elle s'est permis de faire et les recommandations qu'elle émet puissent contribuer à une plus grande efficacité du dispositif national dans le domaine de l'agriculture et des industries liées d'une part, à une plus claire détermination de l'Europe à s'engager aux côtés du Maroc pour un développement durable sensiblement accéléré, d'autre part.

2. RAPPORTS SPÉCIFIQUES

*Plusieurs rapports complémentaires spécifient ces appréciations.
Nous résumons ici brièvement leur apport.*

Agronomie

Ce rapport expose l'état de l'agriculture marocaine et ses contraintes (croissance démographique, exode rural ; fragilités du milieu : érosion, climat, diminution des ressources en eau...).

14. Il n'est peut être ni possible ni utile d'offrir ces moyens à tous les chercheurs « fictifs » comptés actuellement dans le « potentiel ». On peut les réserver aux *chercheurs actifs*, qu'il faut aussi savoir récompenser, à travers la promotion de *laboratoires d'excellence* par exemple. De même, le gros équipement peut être regroupé sur des plateformes communes.

15. Cela peut nécessiter une restructuration du dispositif public de recherche et une réécriture de ses statuts et missions (c'est le cas actuel en Europe : modèle des universités agricoles, comme celle de Wageningen...).

Il distingue ensuite entre la recherche « institutionnelle », conduite sous la responsabilité du ministère de l'Agriculture, et la recherche agronomique menée plus librement dans les universités. Il détaille le potentiel de chacun, ses atouts et ses handicaps propres.

Dans la recherche institutionnelle, les problèmes majeurs sont ceux du *statut* de chercheur (à l'INRA, où de ce fait nombre de chercheurs sont démotivés) ; du gel des postes, qui ne permet plus depuis près de 10 ans de renouvellement des personnels ; et du budget recherche (non identifié dans les écoles d'ingénieurs ; et infinitésimal dans l'Institut dédié)¹⁶. L'équipement est vétuste, et mal maintenu.

Dans un contexte très démotivant, il reste possible à quelques individualités de s'exprimer et de mener une recherche de qualité. Les chercheurs les plus performants et dynamiques trouvent des contrats extérieurs qui leur permettent de continuer à travailler et à survivre.

La tutelle, avertie, envisage surtout d'externaliser les coûts : faire émerger ses établissements aux PROTARS, constituer des groupements d'intérêt public avec les professions et collectivités territoriales. Elle vient toutefois de dégager des fonds incitatifs, dont le niveau reste modeste¹⁷.

À l'université, la recherche pâtit du manque de bourses doctorales, et de la désaffection des étudiants. Il n'y a pas de ligne budgétaire spécifique, et les procédures rendent difficiles à utiliser les crédits obtenus sur contrat (ils tendent à se diluer dans les budgets généraux). Les laboratoires sont mal identifiés. Les recherches ne sont guère coordonnées. La pertinence des activités est inégale. Certains laboratoires sont toutefois remarquablement équipés, et leur activité scientifique est de premier plan. On peut en citer dans toutes les universités visitées. Ce sont ces laboratoires performants qui doivent être soutenus, et qui pourraient constituer l'épine dorsale d'une recherche agronomique universitaire de qualité.

Le rapport se conclut ainsi :

Le Maroc doit faire face à des défis agricoles vitaux pour son avenir à court terme : augmentation de la fréquence des sécheresses généralisées aggravant la vulnérabilité du secteur rural, recours massifs aux importations de produits

16. L'INRA consacre plus de 95 % de ses dépenses aux salaires et sa dotation ne cesse de diminuer. L'Institut dispose de 250 chercheurs, et les écoles d'ingénieurs de quelque 400 enseignants chercheurs, bien formés. Environ moitié serait impliqués dans des actions de recherche (mais la proportion est sans doute inférieure).

17. L'orientation est intéressante : Salinité des eaux et des sols ; équipes trans-instituts en biotechnologie ; observatoire de la sécheresse ; adoption de technologie en milieu rural. Il s'agit aussi de distribuer des prix annuels (de la découverte, de l'innovation). Sur le plan des structures, la tutelle envisage de régionaliser la recherche, et de regrouper les établissements en « pôles polytechniques ».

alimentaires, détérioration de la balance agricole, difficultés de plus en plus grandes à assurer la sécurité alimentaire du pays.

La recherche agronomique institutionnelle est dans l'incapacité de répondre à ces grands problèmes par absence de moyens, et par une sous-utilisation du faible potentiel existant. La recherche agronomique universitaire, dispersée, abordant des problèmes ponctuels, confrontée à des problèmes de gestion, ne peut offrir qu'un appoint, malgré l'existence de quelques laboratoires très performants bénéficiant de la collaboration internationale.

Il nous paraît nécessaire de mettre rapidement en place un plan stratégique d'action pour la recherche agronomique au Maroc. Ce plan devra définir des priorités, et non pas se contenter de cataloguer les questions à résoudre. L'orientation des activités de recherche pourrait se faire par appels d'offres. Il serait cependant nécessaire que le gouvernement marocain assure à des laboratoires sélectionnés un minimum de base permettant d'assurer leur maintenance.

Forêts

Ce rapport détaille l'état de la forêt marocaine et les contraintes qui pèsent sur elle (pression anthropique entraînant une surexploitation, climat aride devenant de plus en plus sec...). La ressource est très déficitaire par rapport aux besoins nationaux, et régresse (surpâturage, déboisements, érosion et désertification).

Un programme forestier national a été mis en place, avec une vision d'ensemble et des objectifs chiffrés. Un programme de la recherche a été élaboré pour 10 ans dans ce cadre. La Mission se réjouit de l'affichage d'une telle politique.

Les chances de succès sont toutefois suspendues aux moyens mis en œuvre.

Examinant *le dispositif*, la Mission retrouve la dualité entre recherches institutionnelle et universitaire. Pour cause de statut des personnels, défavorable, la situation est la plus difficile dans l'Institut dédié (DREF : Recherche en Eaux et Forêts). Les enseignants chercheurs de l'ENFI (École spécialisée de formation d'ingénieurs) n'ont pas ce problème. Mais il n'y a pas ici de budget recherche; et les plus récents rapports d'activité consultés ne font état d'aucune publication dans des revues internationales à comité de lecture¹⁸. De façon générale, on peut discuter la répartition des ressources¹⁹. Et la mission

18. Quelques articles à caractère technique et divers rapports font état d'une activité de développement.

19. L'activité essentielle de recherche semble focalisée sur les plantes pouvant avoir un intérêt médicinal ou aromatique, ce qui semble excessif, dans un contexte de recherche forestière.

de développement (à la DREF en particulier) semble dévoreuse de temps au presque total détriment des recherches.

Les recherches menées dans les universités, bien que de qualité très variable, sont dans l'ensemble de bien meilleur niveau scientifique que dans les établissements dépendant du ministère de l'Agriculture. Les enseignants-chercheurs bénéficient d'un statut. Ils n'ont pas d'obligation dévorante de développement. Ils ne sont pas soumis à une programmation contraignante et peuvent répondre plus facilement aux appels d'offre.

RECOMMANDATIONS

Les auteurs de ce rapport recommandent d'avoir recours à des appels d'offre pour orienter les activités. Ils suggèrent de les orienter en particulier vers les problèmes de bilans hydriques globaux (et du rôle qu'y joue la forêt) ; vers l'analyse des *causes* d'évolution des paramètres climatiques ; vers la lutte contre la désertification, l'érosion éolienne et hydrique. Enfin, la surexploitation du bois de feu et le surpâturage en forêt constituant un problème majeur à résoudre, ils proposent de mettre en place un programme de recherche portant sur les aspects socio-économiques de ce problème.

Il nous semble important que le laboratoire s'affirme comme le lieu de base de la recherche en rassemblant et en structurant les capacités existantes dans une même institution voire dans plusieurs institutions. À ce titre, il nous semblerait souhaitable de promouvoir la mise en place de laboratoires communs (ou unités mixtes de recherche) entre les universités et les institutions dépendant de la DERD. Ces laboratoires communs pourraient recouper en partie le concept de pôle de compétence. Enfin, ces laboratoires devraient disposer d'un budget propre et d'une autonomie de gestion.

Il nous semble également important de faire la distinction entre actions de développement qui seraient confiées à des Centres techniques (INRA, DREF) ou à des écoles d'ingénieurs (IAV ou ENFI) et actions de recherches cognitives ou finalisées qui seraient confiées à des laboratoires universitaires au sens strict ou à des laboratoires mixtes qui pourraient dépendre à la fois du ministère délégué à la Recherche scientifique et des ministères techniques. L'orientation des activités de recherches de ces laboratoires se ferait par appels d'offres.

Le vieillissement des effectifs nous semble constituer une contrainte forte à moyen terme pour l'avenir du système national de recherche marocain. Des mécanismes devraient être mis en place pour restituer un équilibre démographique satisfaisant. Il nous semble également urgent pour le Maroc de se poser sérieusement la question du renouvellement des capacités de recherche dans un contexte de compétition internationale accrue, en sciences de base comme en sciences de l'ingénieur.

Conclusion (Agronomie et Forêts)

Les deux rapports se retrouvent dans leurs conclusions.

Ils notent *la dualité et le cloisonnement* des institutions. Les conditions d'exercice de *la profession* sont le plus problématiques dans les établissements dépendant de la DERD²⁰. Le niveau des activités de recherche et de publication y a baissé. La démobilisation des chercheurs est notable²¹. Ces institutions ont tendance à se transformer en agences de développement. Les activités de recherche ont un avenir très compromis, si aucune mesure n'est rapidement prise. Parmi les nombreuses contraintes qu'il conviendrait de lever, notons, outre les insuffisances notoires des *budgets* consacrés aux activités de recherche, le problème du *statut* des personnels (notamment pour la DREF et l'INRA), le manque de reconnaissance institutionnelle aux *laboratoires*, la question de la vétusté et de la maintenance des équipements de recherche, et l'inadéquation et l'opacité des modes de *gestion*.

La recherche universitaire n'est pas mieux lotie sur ce dernier point. Mais les recherches qui y sont menées sont, dans l'ensemble, de meilleure qualité scientifique. Elles restent toutefois dispersées, et pratiquées dans le cadre de laboratoires au caractère indécis.

20. DERD : Direction de l'Enseignement, de la Recherche et du Développement, au sein du ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des Eaux et Forêts.

21. Du moins se laissent ils absorber par d'autres tâches que la recherche – parfois très rémunératrices.

CHAPITRE 12

Sols

EXPERT

ALAIN RUELLAN

Ce rapport s'ouvre sur un exposé général concernant les sols : ressource naturelle aussi essentielle à la vie que l'air et l'eau, très malmenée depuis surtout un demi-siècle ¹ par ignorance de ce qu'est le sol, et de pourquoi il est nécessaire d'en préserver les fonctions.

Très dense et très pédagogique, ce texte ne peut être utilement résumé, ni entièrement ici rapporté. Nous en conseillons la lecture intégrale ².

L'auteur s'intéresse ensuite aux sols méditerranéens, en majorité parmi les plus riches du monde ; leur principal handicap consiste en excès localisés de calcaire, ou de sels solubles, en régions arides et semi-arides. Le sol est la principale richesse du monde méditerranéen.

Le principal obstacle à la valorisation agricole de cette richesse est le manque d'eau. Le Maroc est le pays de la plus grande diversité, en raison de la variété des roches, des reliefs, des climats, des couverts végétaux, des occupations humaines. C'est un « laboratoire » idéal.

Cependant, du fait d'une occupation humaine qui parfois n'a pas su les gérer, les couvertures pédologiques méditerranéennes sont fréquemment *dégradées* ³. Le Maroc n'échappe pas à ce diagnostic. Les problèmes de mise en valeur s'y accumulent et s'amplifient :

- baisse de fertilité, déstructuration, salinisation, pollution des sols irrigués (une richesse majeure), et baisse de leur productivité agricole.
- dégradation des sols non irrigués (qui concernent l'essentiel des paysans) : ici aussi baisse de fertilité, érosion, mal conservation des eaux et aridification.
- développement anarchique des occupations urbaines sur bons sols agricoles ; augmentation spectaculaire des pollutions.

1. Extension des cultures et intensification abusive, urbanisation mal placée, pollutions...

2. À demander à ruellan@agropolis.fr ou waast@bondy.ird.fr

3. Mais c'est aussi dans le monde méditerranéen que l'on trouve quelques uns des plus beaux exemples de gestion durable intensive des ressources en sols et en eau (aménagement des pentes, gestion des oasis...).

La recherche marocaine doit se situer par rapport à ces problèmes, selon me semble-t-il **trois axes** majeurs :

- *inventaire* et cartographie des systèmes pédologiques et de leur fonctionnement ;
- connaissance approfondie de la *dynamique* des divers *types* de sol ;
- connaissance de *l'évolution* des sols selon leur occupation humaine ⁴.

La recherche marocaine en sciences du sol

On ne part pas de rien, loin s'en faut.

L'essentiel de ce que sont les sols du Maroc est connu (même si 30 % seulement des couvertures pédologiques sont cartographiées en quelque détail).

Depuis les années 1970, le Maroc a **progressivement formé et recruté un nombre significatif d'enseignants – chercheurs et de chercheurs en science du sol** (plusieurs dizaines, actuellement en activité). Ces chercheurs sont *tous de bon niveau* scientifique, et certains sont reconnus internationalement.

Toutefois, après des années fastes, les recrutements ont été arrêtés ⁵ ; cela pose un **grave problème de continuité** des dynamiques scientifiques. En outre, faute d'objectifs prioritaires définis par les autorités, la formation des chercheurs s'est faite en ordre dispersé, provoquant l'**atomisation des activités de recherche**. Les équipes sont rares et les sujets récurrents.

La production scientifique se réalise dans des *conditions difficiles*. Toutes les équipes visitées disposent de moyens de laboratoire, plutôt modestes, avec de nombreuses difficultés de fonctionnement, d'entretien, de renouvellement. L'accès régulier à une documentation pose aussi de sérieux problèmes. Tous se plaignent de procédures budgétaires et de lourdeurs administratives, qui entravent la mise en œuvre fonctionnelle des rares fonds rassemblés.

Un budget recherche n'est que rarement identifié dans les établissements d'enseignement supérieur. Les enseignants chercheurs qui souhaitent poursuivre une activité de recherche doivent donc rechercher des *financements contractuels* ⁶. Il en résulte une programmation scientifique aléatoire et dispersée, **essentiellement pilotée par la demande des utilisateurs**. Ce n'est pas un mal en soi, à condition que les enseignants-chercheurs puissent prendre le temps de la valorisation scientifique de leurs travaux contractuels.

4. *L'inventaire* est la base de toute politique. La *dynamique* (physique, chimique, biologique, minéralogique) commande la fertilité des sols. De *l'interaction société/sols* dépendent pollutions, restaurations et dégradations – dont il faut savoir mesurer les conséquences pour les gérer.

5. Depuis une quinzaine d'années dans les établissements agronomiques et forestiers, plus récemment dans les universités.

6. Au près de sociétés privées (agricoles et industrielles), des Offices de mise en valeur et Directions régionales ; mais aussi de la coopération internationale et de quelques récents appels d'offre nationaux.

Au total, un potentiel humain important, compétent, reconnu, volontariste et dynamique. Ce potentiel est cependant insuffisamment *organisé, appuyé, évalué* pour qu'il puisse valoriser *scientifiquement* son travail pédagogique et ses études finalisées.

Les principaux axes actuels de la recherche marocaine en sciences du sol

Par rapport aux trois urgences citées plus haut :

- la *cartographie* est en veilleuse. La connaissance morphologique et géochimique des sols avance peu⁷ ;
- les recherches finalisées touchant à *l'utilisation agricole* se sont multipliées (fertilité et fertilisation ; travail du sol ; évolution des sols irrigués ; vocation agricole des terres...). Cependant, les recherches plus fondamentales nécessaires à leur conduite (par exemple concernant les dynamiques des divers types de sol) se sont insuffisamment développées ;
- les recherches finalisées concernant les *pollutions* des sols et des eaux se développent également (pollutions minérales et organiques ; utilisation raisonnée des eaux usées...).

En résumé :

- la recherche marocaine est très axée sur l'utilisation des sols, ce qui est en soi une bonne chose ;
- elle ne l'est cependant pas assez sur la connaissance des sols et de leur fonctionnement, connaissances pourtant indispensables à leur bonne utilisation : l'appauvrissement scientifique de la recherche finalisée est, de ce fait, prévisible ;
- cette situation est la conséquence de conditions de travail obligeant les chercheurs au pilotage principal par la demande des utilisateurs, le cadre de programmation scientifique et d'appui financier pour la recherche étant insuffisant.

RECOMMANDATIONS

Sur l'organisation

1. La première recommandation est d'établir un Programme national « Sols » (comme il en est un pour les Forêts) ; et de doter son volet Recherche d'un budget significatif⁸. Ce volet, scientifiquement structuré, devrait donner la priorité à l'acquisition des connaissances fondamentales nécessaires à la gestion durable des sols du Maroc.

7. Sauf quelques recherches méthodologiques (SIG, télédétection) et quelques collaborations internationales (cartes de synthèse, à partir de données existantes).

8. Comme il en est un pour la carte géologique.

2. En second lieu, il s'agit d'inciter à la création d'équipes et réseaux de recherche, prioritaires pour le financement de leurs travaux ; et d'inciter les institutions concernées à identifier des budgets réservés à la recherche.

3. Il conviendrait de valoriser efficacement, en termes de carrière (et de budget pour les équipes), les efforts de ceux qui contribuent à la recherche. Il s'agit d'instituer un système d'évaluation des travaux scientifiques, des chercheurs, des enseignants et des équipes.

4. Il faut évidemment développer dans ce cadre les moyens de travail, sur le terrain, dans les laboratoires, dans les bibliothèques. Il faudrait aussi instituer plus de souplesse administrative et budgétaire, indispensable au bon déroulement des recherches.

5. Il s'agit enfin de reprendre, de toute urgence, le recrutement et la formation de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs. On en profitera pour faire des choix thématiques clairs, en cohérence avec les priorités nationales. Il y va de la continuité et du développement des équipes et de leurs programmes.

Sur les recherches à développer

Il est recommandé de :

- Relancer les études concernant ce que sont les sols et leur *fonctionnement*
- Le choix des systèmes à étudier en priorité, soit parce qu'ils sont les moins connus, ou les plus utilisés, doit être débattu conjointement par les scientifiques et par les utilisateurs.
- Reprendre, à petite échelle, l'inventaire cartographique des sols. La recherche méthodologique doit être approfondie, dans le but d'élaborer des cartes représentatives.
- Poursuivre et approfondir les travaux relatifs à la gestion durable des sols par les sociétés humaines⁹.

Il s'agit, à la fois, d'amplifier les nombreuses études déjà en cours, mais aussi de *prendre le temps de leur donner plus de bases et de rendus scientifiques (publications)*.

9. Fertilités et fertilisations, relations sols-eaux, évolution des sols irrigués, érosion-conservation des sols, pollutions...

Hydrologie et traitement des eaux

EXPERT DIETER PRINTZ

Nous ne pouvons ici donner que quelques extraits de ce rapport très riche¹. Nous avons choisi de présenter son diagnostic final et ses recommandations. Nous annexons la liste des sujets jugés intéressants ou mal couverts que l'expert signale.

1. Diagnostic

1.1. Problématique

L'eau est vitale. Elle l'est pour chacun, elle l'est pour le développement économique et social du Maroc. Les ressources sont déjà surexploitées (les nappes phréatiques baissent dans plusieurs régions), et leur renouvellement irrégulier (sécheresses). Tout laisse prévoir que la demande augmentera de plus de 60 % dans les 50 prochaines années, tandis que la quantité disponible baissera du fait du changement de climat (de 10 à 15 %), et davantage si l'on ne prend pas garde à la déforestation, à l'érosion, à l'envasement des réservoirs. Enfin, l'assèchement des marais menace de multiples ressources biologiques, et la biodiversité.

Cette rareté croissante appelle une *stratégie* nationale ferme. Certaines politiques sont de vrais succès (eau potable et sanitaires en campagne...). D'autres méritent d'être revisitées. L'agriculture irriguée consomme 90 % de la ressource : on est en droit d'en attendre de réels efforts d'économie et d'efficacité². À l'avenir, il conviendrait de privilégier une *gestion intégrée* des ressources, les économies d'eau et le plein emploi des précipitations (en ville et en campagne). Le recours à des eaux non conventionnelles (traitement et recyclage des eaux usées, brouillards, etc.) n'est pas à négliger.

L'expert estime l'exploitation présente du potentiel à 25 %. Son plein usage est à attendre à *parts égales* de meilleurs choix techniques, d'une meilleure

1. Le rapport comprend : une problématique de l'Eau au Maroc ; une problématique de la recherche sur l'Eau. Ses tâches sont hiérarchisées en fonction des préoccupations suivantes : 1) économiser l'eau ; 2) garantir sa qualité ; 3) amplifier les ressources (recours aux eaux « non conventionnelles ») ; 4) préserver l'environnement. Les institutions visitées (universités, écoles, centres, opérateurs et gestionnaires) font l'objet d'une description et d'une appréciation détaillées.

2. Cela met en jeu y compris le choix de cultures (cultures vivrières), celui des techniques, et les politiques de prix et de subvention.

gestion³, et des innovations venues de *la recherche*. Celle-ci, de préférence multidisciplinaire, peut non seulement trouver des solutions imaginatives à des problèmes « techniques » ; c'est aussi un outil majeur d'aide à la décision⁴.

1.2. L'état de la recherche

On peut estimer à 300 ou 350 équivalents plein temps le nombre des chercheurs qui travaillent au Maroc dans le domaine de l'eau. La plupart relèvent de l'enseignement supérieur (universités et grandes écoles = une soixantaine d'équipes). Les autres se répartissent dans une douzaine d'institutions publiques ou semi-publiques (centres, directions, agences et offices, avec mission de gestion, qui accordent à la recherche une place très variable). Quelques industries privées font ou subventionnent de la recherche appliquée (extraction pétrolière, industrie sucrière, eaux minérales...).

Nous avons eu affaire à nombre de chercheurs fortement *motivés*, travaillant sur des sujets pertinents en compagnie de doctorants studieux, dans des laboratoires bien équipés.

Cette situation idéale n'est pourtant pas générale. Les problèmes couramment évoqués sont les suivants :

- le *financement* de base des « laboratoires » est tout à fait minime ;
- l'*équipement* est parfois obsolète. Les chercheurs ne sont pas clairement responsabilisés dans son choix et dans son usage. Sa maintenance n'est pas assurée ;
- la qualité des recherches n'est pas toujours aux standards, faute d'*accès* aux données, et aux journaux scientifiques spécialisés ;
- enfin, les complications bureaucratiques sont parfois excessives.

Ajoutons que :

- *les sujets* choisis le sont *parfois* davantage parce qu'ils sont gratifiants sur le plan scientifique qu'en rapport avec les problèmes pressants du domaine. Cela vaut y compris pour des travaux financés sur fonds publics.
- la *motivation* des enseignants est faible, parce qu'ils ne sont pas vraiment tenus à faire de la recherche, et qu'ils n'en tirent aucun bénéfice matériel.
- En lieu et place, les professeurs sont souvent plus intéressés à faire de la *consultance*, beaucoup plus rémunératrice⁵.

Ces observations appellent quelques remarques.

3. Données fiables ; application de lois et règlements opportuns ; compétence des gestionnaires.

4. À condition de prendre en compte les diverses dimensions (sociales, économiques, légales, techniques, environnementales) des problèmes réels.

5. La consultance n'est pas un mal : elle fait circuler les connaissances. Mais elle ne le renouvelle pas. Elle ne peut tenir lieu de recherche, et les plus compétents finissent par s'y user.

La visite des laboratoires montre que *les conditions de recherche* (équipement, financement) varient de 1 à 10. Elles **dépendent fortement de la motivation du personnel**, de son volontarisme dans la recherche de fonds extérieurs, et de sa posture scientifique. La disposition des chefs d'établissement à l'égard de la recherche est aussi agissante.

Une comparaison de 4 établissements universitaires parmi les plus performants (2 écoles, 2 universités) fait ressortir qu'ils ont des stratégies assez différentes. L'une des écoles assure les meilleures conditions de recherche, et montre la meilleure qualité de publications. Paradoxalement, ce n'est pas elle qui vise le plus les besoins nationaux : ce sont au contraire les deux universités, dont l'une en particulier dispose, grâce à son choix de sujets, des plus importants financements extérieurs. Ces établissements tâchent de conquérir un label par leur recherche, et de se rendre visibles, soit en concentrant les forces de plusieurs disciplines dans un domaine repérable (à Kenitra : math, physique, biologie, sciences de la terre alliées dans le domaine de l'Eau), soit en cultivant une approche particulière (modélisation à l'EMI).

La régulation de la profession d'enseignant pourrait rendre disponible un potentiel important. À défaut, il convient de re-motiver fortement les chercheurs actifs en leur assurant des avantages sensibles, reflétant leurs résultats et non le simple titre d'enseignant « chercheur »⁶.

1.3. L'organisation de la recherche

Une recherche efficiente nécessite **d'abord** une bonne structuration, des objectifs clairs, et une base financière saine. Sur tous ces plans, le gouvernement a considérablement amélioré la situation au cours des cinq dernières années. On le doit en particulier aux nombreuses initiatives du ministère de la Recherche (subventions d'équipement aux universités, lancement d'unités nationales d'appui à la recherche – documentation, analyses physiques et chimiques –, lancement d'appels d'offre : PARS et PROTARS, très bien reçus de la communauté scientifique...).

Il reste que des problèmes de coordination, d'affichage et de suivi des priorités subsistent. On notera que la question de l'eau (en rapport avec l'aménagement du territoire, l'agriculture, la santé, l'environnement) est de la responsabilité de *plusieurs agences de l'État, dépendant de différents ministères*. Toutes n'ont pas les mêmes dispositions à l'égard de la recherche. Certaines ne lui attribuent qu'une attention très distraite⁷.

6. L'expert met en avant le modèle allemand : l'enseignant doit 38 heures de service hebdomadaire contrôlées, dont moitié de cours et tutorats sur place, et moitié de recherche effective. La consultance doit être déclarée au chef d'établissement, et se trouve limitée à l'équivalent de 1 jour par semaine (20 % du temps dû). Les résultats positifs obtenus en recherche sont gratifiés.

7. Notamment, à dire d'experts et sauf exceptions, les *Offices de mise en valeur agricole*.

Nous donnons à la suite large part des recommandations relatives à ces aspects, essentiels pour le rapporteur.

RECOMMANDATIONS

Établir la recherche sur une base financière saine

- a) Un montant marginal du prix de chaque mètre cube vendu pourrait revenir à la recherche, pour financer des travaux prioritaires sur les questions de l'eau.
- b) Il faut poursuivre et amplifier les programmes scientifiques réussis (comme les PARS et PROTARS)⁸.

Stabiliser le potentiel de recherche

- a) l'obligation de recherche devrait s'imposer aux enseignants. La consultance à titre privé devrait être déclarée, et limitée.
- b) Il convient de motiver les chercheurs actifs, par des bonus et une accélération significative de carrière. On pourrait aussi leur réserver certains financements (participation à conférences internationales).

Assurer de bonnes conditions de recherche.

- a) *L'équipement* devrait être convenable ; les chercheurs devraient être clairement responsabilisés dans son achat et son usage ; des techniciens à suffisance devraient en assurer la conduite ; un budget de maintenance devrait être prévu, faute duquel les achats seraient suspendus. L'équipement lourd pourrait être centralisé dans des plateformes nationales.
- b) Les chercheurs devraient avoir accès libre à *l'information* nécessaire : données nationales administratives, et documentation scientifique mondiale. On recommande fortement la création d'un journal scientifique marocain traitant de l'Eau, où publieraient chercheurs et praticiens.

Formation

- a) Les étudiants devraient être entraînés à la curiosité et à la réflexion originale.
- b) Le syllabus devrait faire preuve d'interdisciplinarité, et notamment inclure une initiation sérieuse à la gestion et aux sciences humaines. L'apprentissage de l'anglais, langue scientifique internationale, serait bienvenu.

Partenariats

- a) Une coopération *internationale* de choix est indispensable.
- b) Les collaborations privé/public sont hautement recommandées ; celles qui existent ont livré des résultats de grande qualité.

8. D'autres solutions, pratiquées ailleurs, sont aussi suggérées : l'affectation à la recherche de partie des bénéfices de la Loterie nationale ; la création d'un fonds spécifique de recherches sur l'Eau, avec contribution des *divers ministères* intéressés.

c) Les chercheurs devraient se montrer plus pro actifs pour informer le public et démarcher des partenaires industriels ou commerciaux.

Organisation de la recherche

a) Il s'agit d'*orienter* la recherche. Les problèmes sont pressants, mais les fonds publics limités. Il convient d'établir une stratégie et des objectifs clairs. Les instances pourraient être les suivantes :

– *Au niveau gouvernemental, un Conseil scientifique consultatif propose une liste générale et prospective de priorités, permettant de faire face aux besoins pour les décades à venir*⁹.

– *Un Conseil national des Sciences de l'Eau, comportant des chercheurs élus, est chargé d'évaluer les projets s'y rapportant. Dans ce cadre (appels d'offre), et à l'échelle des universités, l'interdisciplinarité est à promouvoir vigoureusement (notamment entre sciences de l'ingénieur et sciences humaines et sociales).*

– *Au niveau des principaux bassins versants (qui sont appelés à devenir les unités de gestion), un « Groupe d'études et de recherches » réunirait périodiquement chercheurs, gestionnaires et principaux usagers.*

b) *À la base, il s'agit d'habiliter un certain nombre de « laboratoires », reconnus comme unités administratives financièrement autonomes, avec un directeur, un budget, et des personnels affectés (chercheurs, enseignants, techniciens).*

c) *Un certain nombre de sujets semblent pour l'heure insuffisamment couverts. Leur liste (non exhaustive) fait l'objet d'une annexe.*

ANNEXE 1. Sujets de recherche intéressants

Le rapport se félicite pour commencer de l'existence de certaines structures :

- *création d'un « Réseau pour la gestion et la protection de l'environnement (GPE) » ;*
- *création d'un « Pôle de compétences Eau et Environnement » ;*
- *existence au LPEE de : un Laboratoire d'hydraulique et d'hydrologie¹⁰ et d'un Centre de qualité des eaux¹¹.*

Sujets de recherche intéressants rencontrés

Les sujets sont présentés par organisme.

9. Ce conseil pourrait être placé à niveau interministériel ; ou à celui du ministère en charge, s'il en est un qui englobe les questions de l'Eau, de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire. Ses membres devraient être des scientifiques éminents, représentant les divers domaines concernés, proposés par le ministère de la Recherche.

10. Il entretient un réseau de mesures de terrain, et surveille tous les barrages

11. Il surveille l'eau des réservoirs et de diverses rivières, établissant des séries de données. Il est aussi chargé de vérifier la qualité des eaux de baignade.

À l'ONEP

- Études sur l'eutrophisation des grands réservoirs.
- Développement de techniques d'assainissement bon marché, utilisant des plantes aquatiques.
- Études sur l'éradication du biofilm dans les tubes.
- Désalinisation efficiente de l'eau de mer au moyen d'énergies renouvelables.

Au LPEE

- Modélisations hydrologiques physique et numérique.
- Collection de données sur la qualité des eaux (réservoirs, différentes rivières, plages).

Au CNESTEN

- La radioactivité naturelle dans les phospho-gypses, et dans les eaux naturelles du Maroc.
- Origines de la salinisation des eaux de la région d'Agadir.
- Études de l'érosion par marquage au ^{37}Cs .
- Études sur l'âge des eaux souterraines du sud du Maroc.
- Détection (nucléaire) de la pollution et de la sédimentation (région du Tadla).
- Biosurveillance de la pollution atmosphérique par métaux lourds au Maroc.
- Détermination du niveau de ^{26}Ra dans l'eau potable (scintillation liquide en alpha spectrométrie).
- Mesure de la présence de Radon dans l'eau.

À l'EHTP

- Les effets du changement de climat sur les réservoirs Marocains.
- Transports solides lors des crues et sédimentation des réservoirs.

À l'EMI

- Modélisation des écoulements en zones arides et désertiques (à partir d'images satellite).
- Modélisation numérique du transport des eaux et de leurs éléments polluants, selon saturation des sols. Mesure des transports.
- Traitements physiques pour diminuer la pollution par les eaux usées de moulins à huile.
- Récupération d'argent dans les eaux usées de laboratoires photographiques.

À la Faculté des Sciences d'Ain Chok

- L'impact des rejets d'eaux usées sur l'environnement côtier (Casablanca).
- Développement de méthodes de traitement des eaux par réactions catalytiques.
- Le devenir des pesticides dans les sols et environnements aquatiques.
- Utilisation de la moule comme bio indicateur de pollution en mer.

À la Faculté des Sciences de Kenitra

- Devenir dans l'environnement des pollutions produites par les sucreries.
- Nouvelles méthodes adaptées au traitement des effluents industriels.
- Corrosion des conduites d'eau. Polymères de synthèse.
- Purification des eaux souterraines de leurs nitrates et des éléments fluorés.
- Amélioration de techniques de désalinisation.
- Impact des eaux polluées sur la santé de la population.
- Effets de la pollution des eaux sur la croissance des algues marines.

À la Faculté des Sciences de Fès

- Pollution des eaux souterraines dans la plaine du Sais.
- Détermination de la pollution en hydrocarbures de l'eau.
- L'intrusion marine dans les aquifères côtières (Hydrogéologie et modélisation).

À la Faculté des Sciences de Marrakech

- Recharge artificielle des aquifères en zone karstique.
- Établissement d'un réservoir de recharge en environnement géologique difficile.
- Recueil des brouillards côtiers le long de la côte Atlantique (projet européen).
- Préservation de techniques traditionnelles d'amenée d'eau d'irrigation (khet-tara, qanat).
- Optimisation de l'aération des étangs.
- Gestion intégrée des ressources en eau en région semi-aride.
- La salinisation des eaux souterraines : origine et conséquences.
- L'impact des marées sur la disponibilité d'eau douce.
- Essais de traitement des eaux usées à l'aide d'algues et de cyanobactéries.
- Biologie de la schistosomiase ; méthodes de lutte.

Suggestion de sujets à couvrir

Les sujets suivants mériteraient d'être plus traités, et de façon plus pratique.

Concernant les quantités disponibles

- Le stockage souterrain des eaux, dans les grottes ou les aquifères.
- La recharge artificielle des aquifères en zones côtières (pour éviter les intrusions d'eau de mer).
- L'emploi de barrages souterrains dans le lit des rivières éphémères.
- Recours à des techniques traditionnelles d'appoint. Par exemple, le recueil des eaux de pluie semble très peu mis à contribution, en ville comme en campagne.
- Mise en œuvre de ressources « non conventionnelles » : eau de mer = désalinisation...), eaux de drainage, eaux saumâtres, eaux usées (avec le problème de leur qualité, donc de leurs possibles usages).

Concernant les économies d'eau

- Techniques et méthodes d'économies d'eau en agriculture (il en existe des centaines, très peu sont semble-t-il connues et mises en œuvre)¹².
- Coûts et techniques de l'irrigation on-farm (régulation du débit).
- Recyclage des eaux usées, emploi des eaux vives (eau des toits en ville, crues en campagne) pour des usages domestiques (toilettes) ou industriels.

Concernant la gestion

- Stratégies *régionales* envisageables pour éviter la baisse des nappes phréatiques.
- Politiques de *prix* de l'eau conduisant à la meilleure efficacité de l'irrigation, de la consommation domestique, et industrielle.
- Aspects psychologiques et sociaux du *comportement* des consommateurs privés; stratégies d'éducation.

Concernant l'avenir

- Stratégie de remplacement progressif de cultures peu rémunératrices et très exigeantes en eau par des cultures de rapport moins exigeantes (substitution de « l'eau bleue » par une « eau virtuelle », grâce à l'importation de céréales).
- Conséquences prévisibles du changement climatique (pluviométrie, érosion, besoins accrus...).
- Impact prévisible d'événements climatiques extrêmes sur l'agriculture sèche (aspects sociaux et économiques, parades envisageables).
- Impact d'une élévation du niveau de la mer et de hautes vagues sur les écosystèmes humains et naturels de la bande côtière.

Concernant la qualité des eaux, leur traitement et leur recyclage

- Techniques et méthodes de *traitement* simples et bon marché, adaptées au contexte régional (climat, société).
- Meilleur réemploi des eaux usées et des effluents urbains (évaluation des risques; surveillance des programmes en cours; études de vulnérabilité des sols).

Concernant l'environnement (marais, lagunes).

- Impact de la pollution sur les écosystèmes côtiers.
- Impact sur les marais et leur biodiversité d'une demande d'eau accrue et de précipitations faibles.
- Stratégies de préservation de marais et lagunes choisis (à alimenter, en raison de leur haute valeur).
- Interaction entre intensité de pâture, reconstitution de la végétation, érosion et sédimentation.

12. Que ce soit par les usagers, les vulgarisateurs, ou les responsables de la mise en valeur (OMVA).

CHAPITRE 14

Biomédecine et Santé

EXPERT ANNE-MARIE MOULIN

Une pérégrination subtile dans les laboratoires permet ici d'aborder les questions de fond, en leur donnant chair.

Nous suivrons le plan suivant :

- 1. Le rôle des figures*
- 2. Les conditions de travail*
- 3. Les programmes et les coopérations*
- 4. Le choix des sujets*
- 5. Conclusions et recommandations*

1. Cadrage historique

1.1. Le rôle des « figures »

Au lendemain de l'indépendance, l'urgence était (en médecine en particulier) de former des enseignants et des praticiens. Dans ce contexte historique, la recherche n'apparaissait pas comme une priorité mais plutôt comme un luxe.

La recherche a pourtant éclo dans ce cadre ingrat, grâce à un certain nombre de personnalités animées d'un véritable sentiment de pionniers, et d'un enthousiasme national. Elle a été marquée par l'individualisme des jeunes gens qui ont eu l'audace de la choisir, avec une passion intellectuelle dont les récits recueillis au cours de ma mission ou dans un passé proche portent témoignage.

Du fait de cette histoire, la recherche marocaine a été marquée par des caractéristiques durables. Individualisme peut être, mais aussi rôle central de « figures » dans la structuration de noyaux et cénacles puis de groupes de recherche dont les actuels « pôles de compétence » tâchent de recueillir l'héritage ¹.

1.2. Un tournant récent : vers l'organisation de la recherche

À la fin des années 1990, ont débuté les efforts de structuration de la recherche marocaine, avec l'élaboration d'une réforme de l'Université, et la création d'un secrétariat d'état chargé de la recherche scientifique.

1. La difficulté étant souvent pour eux de se maintenir quand la *personnalité fondatrice* quitte le laboratoire.

La réforme des facultés apporte d'importants éléments d'organisation, à une recherche conduite dans l'immense majorité des cas par des universitaires².

Quant au Secrétariat d'État, il a doté les établissements en équipement. Il a lancé des programmes d'appui à la recherche, puis des appels d'offre (PARS et PROTARS). Dans le domaine qui nous occupe, des projets ont été sélectionnés sur les thèmes prioritaires de l'alimentation et la nutrition et de la maîtrise des maladies infectieuses (en 1999-2000); puis de la génomique et de ses applications en biopathologie humaine (en 2001-2002).

Enfin, des laboratoires choisis ont été labellisés « pôles de compétence » et chargés de développer un réseau national autour d'eux. L'appellation n'est pas purement honorifique, elle va de pair avec l'attribution de moyens réels dont témoignaient souvent à mon passage les travaux battant leur plein d'installation, d'agrandissement et d'aménagement de locaux.

2. Orientation générale (médecine, biologie et santé)

L'impression générale que retient le rapport est celle d'un domaine à fort potentiel, mais encore à un stade pré-institutionnel.

Les établissements n'affichent pas toujours la fonction recherche comme une de leurs grandes missions; le soutien de l'état est récent; les standards internationaux sont intériorisés par endroits; du point de vue structurel, l'interaction recherche clinique/recherche biologique reste rare.

2.1. Médecine et biologie

La médecine au cours de ces dernières années a évolué vers une *biomédecine*, dont les avancées reposent sur le partenariat entre services de soins et laboratoires de biologie³. Cette « révolution » (la troisième, après celles du Pastorisme et des antibiotiques) est caractérisée par un aller et retour entre la clinique et les méthodes d'analyse au laboratoire.

Au Maroc, les récriminations entendues de part et d'autre donnent à penser qu'il faudrait resserrer les liens et améliorer la communication entre les deux secteurs, le premier qui fournit l'accès aux malades et les questions vives, le second qui permet le démembrement des entités nosologiques et la formulation précise des hypothèses à tester.

En particulier, la recherche en *biologie est peu valorisée*. La réussite en ce domaine reste liée à des personnalités flamboyantes ou à de petits collectifs

2. Elle prévoit que le doyen soit assisté d'une commission scientifique et d'un vice doyen recherche. Pour être habilitées à délivrer DESA et doctorats, les « Unités de Formation et de Recherche » doivent s'associer à des laboratoires et se soumettre à une procédure d'accréditation. Enfin, les propositions d'avancement dans la carrière pourraient tenir compte des résultats obtenus en recherche.

3. Biochimie, pharmacologie, bactériologie, virologie, parasitologie...

opiniâtres. Les laboratoires d'anatomie, de biochimie, de pharmacologie, d'anatomie sont surchargés d'analyses de routine. Ils présentent des **disparités** considérables (organisation, cohérence interne, taille, articles produits en quantité et qualité).

Il reste qu'un certain nombre de laboratoires produisent une recherche de grande qualité. Leur pratique montre non seulement comment surmonter les difficultés structurelles, mais au-delà, quels problèmes de fond se posent pour obtenir des résultats pertinents : constituer une masse critique, construire une stratégie de recherche, « intégrer » l'activité dans une discipline, ou de manière interdisciplinaire, face à un problème local.

2.2. Médecine et santé

a) La **santé publique** connaît du retard. Cela s'explique en partie, au Maroc comme dans beaucoup d'autres pays, par le manque de prestige de la filière et la domination de la médecine par des praticiens cliniciens qu'absorbe le service de leur clientèle. Elle se décline néanmoins sur plusieurs fronts ⁴. Remarque incidente, en dehors du cas particulier du sida, les comités *d'éthique*, et les comités liés aux essais sur des personnes semblent jouer un rôle très effacé dans le paysage. Sans méconnaître les difficultés, et sans mettre en place un formalisme bureaucratique, il serait souhaitable qu'un effort soit fait dans ce domaine.

b) Les **sciences sociales** pourraient avoir une interface plus visible avec certains aspects de la recherche biomédicale ⁵. L'interdépendance des questions biomédicales et sociales n'est peut être pas suffisamment prise en compte, dans l'éventail des programmes de recherche et des actions sanitaires. Elle n'est pourtant pas ignorée : le rapport en décrit quelques bons exemples ⁶.

4. Le rapport décrit trois grands exemples : un département d'épidémiologie naissant en faculté ; la lutte contre une maladie (le sida), intégrant autour d'un service hospitalier soins, prévention et recherches ; le dispositif d'Instituts de recherche spécialisés (Pasteur et l'INH étant les principaux).

5. Il est difficile d'aborder des problèmes comme le dépistage de masse de certaines affections, la prévention du sida, ou le dépistage prénatal des maladies génétiques sans évoquer les problèmes de société et d'acceptabilité des mesures souhaitables. Enfin la santé publique ne peut être séparée qu'artificiellement des politiques portant sur le logement, les transports et surtout l'alimentation, l'amélioration du niveau de vie, de l'environnement et des programmes d'éducation.

6. Le rapport développe en particulier : l'organisation de la lutte contre le sida ; les recherches de la Fondation Hassan II sur le Ramadan ; les initiatives d'une UFR de sciences de l'éducation, qui conduit une belle recherche action, au besoin avec des spécialistes médecins ou biologistes, sur les rapports entre travail et santé.

3. Les conditions de travail

Nous donnons essentiellement la conclusion, très ramassée, de ce chapitre qui traite des problèmes concernant les ressources humaines et les moyens matériels. Il est conseillé de se rapporter au rapport entier, pour des études de cas.

3.1. Les ressources humaines

La biomédecine a besoin de médecins et de biologistes. *La valeur* des uns et des autres au Maroc est patente. Mais leur collaboration, cruciale pour la recherche, est entravée par des problèmes de *statut*, qu'il faut évoquer car ils causent des injustices, engendrent des frustrations, et suscitent de sérieux dysfonctionnements.

Dans les facultés je n'ai rencontré que des « **enseignants chercheurs** ». Les « chercheurs purs » qui existent, très minoritaires, se situent dans d'autres structures comme l'Institut Pasteur (IP), ou l'Institut national d'Hygiène (INH).

Le personnel « **chercheur pur** » ne porte pas cette appellation officiellement, ses membres sont appelés chefs de laboratoire ou assistants médicaux. Il n'existe pas en effet de *statut du chercheur* à part entière, il n'existe que des enseignants chercheurs ou des fonctionnaires banals. Il en résulte en particulier que :

- l'hôpital a des difficultés à recruter des biologistes, docteurs en sciences, qui n'ont pas le titre de médecin ;
- les Instituts, sur qui repose bonne part de la recherche biologique et de la recherche utile en santé publique, peinent à recruter des chercheurs ; et ceux embauchés se démotivent ;
- la recherche ne peut s'appuyer sur de jeunes docteurs, permanents ou temporaires⁷.

Quant aux enseignants chercheurs, ils sont largement accaparés par des tâches de soin et d'enseignement. La fonction de recherche est institutionnellement peu valorisée, et de faible incidence sur la carrière⁸. Le ratio théorique de 30 % de temps consacré à la recherche est donc rarement atteint. Le parcours de ceux qui persistent, sur des sujets audacieux, est coûteux pour eux (y compris financièrement) et proprement « héroïque ».

7. L'expérience montre pourtant qu'ils sont très utiles. Le recrutement en 1998 d'un millier environ de jeunes docteurs ès sciences sans emploi a été une bénédiction pour la recherche. Motivés, ils ont infléchi leurs problématiques et resourcé nombre de laboratoires. Mais leur titre peu alléchant (« assistants médicaux »), assorti d'un traitement moyen n'a pas débouché sur un plan de carrière et un véritable statut.

8. La carrière dépend de la recherche : pour franchir des grades il faut passer des thèses ou présenter des publications. Ce qui explique *le zèle des enseignants chercheurs*, au moins *dans les premiers temps*. Ensuite, l'avancement ne dépend plus précisément du rythme et de la qualité des publications. Aux différents nœuds de la carrière, une bonne liste de publications permet de franchir le seuil un peu plus rapidement, un ou deux ans en moyenne : maigre intérêt par rapport aux efforts et aux sacrifices consentis.

3.2. Les moyens matériels

Nous passons rapidement sur ce chapitre, qui pointe des problèmes décrits dans la plupart des autres rapports. Les principaux (à l'université) tiennent au manque de budget régulier pour les déplacements (congrès, formation continue), la documentation et la maintenance des équipements.

3.3. Conclusion sur les conditions de travail

Aucun des deux types d'établissements (Instituts et facultés) ne semble en mesure de réunir l'ensemble des facteurs nécessaire à une pleine fonctionnalité. Les Instituts sont mieux équipés, et paraissent (plus) capables de mettre des techniciens de maintenance au service de la recherche. Mais ils souffrent de l'absence, démotivante, d'un statut du chercheur. Les facultés n'ont pas ce problème (encore que les hôpitaux sachent mal recruter, employer et fixer des scientifiques non médecins); mais elles n'ont pas trouvé la solution pour acquérir et maintenir un parc d'équipements (avec ses « accessoires » indispensables : consommables, formation continue...) en phase avec les standards modernes d'une recherche raisonnablement ambitieuse. Dans ces conditions, les réussites ne peuvent apparaître que comme l'œuvre de figures exceptionnelles. Faute d'institutionnalisation plus poussée de la recherche, le reste des travaux est éclaté⁹. Quant au gouvernement, il lui est difficile de se reposer, pour éclairer sa politique de fond, sur le fonctionnement « normal » de l'ensemble du tissu scientifique, ou sur des établissements réunissant, de façon sûre, capacité de proposition et fiabilité de long cours.

4. Les programmes

4.1. Les choix individuels

Cet état de pré institutionnalisation se traduit aussi dans la dispersion des sujets abordés, et le poids des sollicitations extérieures. Les programmes sont marqués par un éparpillement lié à des choix individuels et très souvent il y a un individu par thème. Cette dispersion favorise le fonctionnement en réseaux, qui apparaît comme une nécessité vitale. Chaque chercheur essaye personnellement de s'assurer des collaborations pour son thème là où il les trouve, notamment en maintenant des liens étroits avec les laboratoires à l'étranger, quand il y a effectué tout ou partie de sa formation.

Les coopérations ont joué jusqu'ici un rôle majeur dans l'entretien du capital recherche¹⁰. Elles sont de toute évidence nécessaires pour participer au mouvement de la science mondiale et à ses avancées récentes. Mais elles sont

9. Il resterait invisible, n'étaient les associations savantes de discipline, qui lui donnent une scène périodique (un peu confidentielle).

ici quelquefois poursuivies par pur souci de financer les travaux courants, faute de solution locale alternative.

Ce lien peut être apprécié soit comme une véritable coopération, soit comme la pérennisation d'une dépendance (certains parlent avec un grain d'humour de « protectorat »). Il peut constituer une forme de *sous-traitance*, étant donné l'obligation de saisir des opportunités. Et cette sous-traitance n'est pas toujours maîtrisée. Elle peut avoir ses inconvénients : pilotage par l'extérieur, mauvaise perception des enjeux, difficile partage des bénéfices.

Il n'existe pas en effet de départements de la **valorisation** dans les universités, assurant une vigilance en matière de brevet, une aide et un conseil aux chercheurs : situation d'ailleurs assez proche de celle des pays d'Europe il n'y a pas si longtemps ! Certains chercheurs se rappellent que tel ou tel produit obtenu dans leur laboratoire est parti, faute d'exploitation possible sur place, sous d'autres cieux¹¹.

4.2. Quel pilotage national ?

Si le pilotage par l'état marocain, et le financement qui l'accompagne, ont longtemps paru insuffisants tout le monde s'accorde à reconnaître que **les initiatives récentes du gouvernement ont constitué un véritable ballon d'oxygène**¹². Cependant il existe un balancement entre deux modes de fonctionnement, le fonctionnement Pars, qui répertorie des champs larges où tout le monde peut identifier un créneau comme la santé par exemple et candidater sur des thèmes larges ; ou au contraire le soutien à des champs plus restreints, censés permettre de regrouper les efforts et canaliser les énergies.

Cette canalisation et articulation des recherches pour une meilleure visibilité, une meilleure efficacité et une meilleure couverture des besoins réels du pays et de la société est réclamée par beaucoup de mes interlocuteurs, conscients par ailleurs que le saupoudrage de recherches lilliputiennes est une option qui garde la préférence de beaucoup (qui ne sont peut-être pas ceux que j'ai rencontrés, biais introduit par l'assise bibliométrique des choix de mes rendez vous).

Un *équilibre* est recherché actuellement entre le souci gouvernemental d'impulser des axes de recherche prioritaires et la *nécessaire attention* aux

10. Parmi les pays dont les laboratoires sont partenaires, la France est citée le plus fréquemment, mais il s'agit aussi des États-Unis, du Canada et de plusieurs pays de l'Union européenne. Il y a par ailleurs des collaborations avec d'autres pays arabes et/ou musulmans : par exemple en matière de recherches sur les leishmanies.

11. C'est le cas d'un verre doué de propriétés intéressantes, obtenu dans les sols siliceux du Maroc, étudié aux termes d'un contrat et dont les Marocains n'ont plus entendu parler mais qui a reçu des applications industrielles.

12. Malgré certaines difficultés liées à l'utilisation des fonds : compartiments budgétaires rigides, lourdes procédures pour l'achat d'équipements, pas de possibilité de recrutement même temporaire.

compétences existantes, aux vœux des chercheurs ainsi qu'aux besoins de la société marocaine.

Il existe **plusieurs domaines où il semble qu'un regroupement des forces serait judicieux**, à la fois du point de vue de la mise en commun des outils et des forces.

PAR EXEMPLE, AU PLAN NATIONAL

- La recherche génétique sur les gènes de susceptibilité type HLA figure dans l'énoncé de plusieurs laboratoires, elle pourrait être regroupée.
- Ailleurs, sans aller jusqu'à regrouper les forces, la division du travail pourrait être améliorée comme dans le domaine de certaines affections (maladies cardiovasculaires, santé du travail, domaines où existent heureusement des associations susceptibles de mener de façon liée des opérations préventives et des recherches action).
- Le difficile problème posé par *l'étude des substances naturelles* mérite une approche collective¹³.

AU PLAN NATIONAL ET INTERNATIONAL

- L'étude des leishmanioses est au programme de plusieurs laboratoires de parasitologie universitaires, de l'IP et de l'INH. Il serait important de créer un réseau intramarocain « leishmanies » avec une répartition interne du travail entre les laboratoires concernés. Ce réseau pourrait être aisément relié à un réseau méditerranéen et moyen-oriental existant, qui s'étend à des pays d'endémie comme l'Iran¹⁴.
- Le même raisonnement pourrait être tenu pour la plupart des maladies importantes comme la tuberculose, les hépatites ou le sida, où il faut éviter la duplication des fonctions et spécialiser tel ou tel laboratoire dans tel ou tel aspect (génotypage, étude des réactions immunologiques, épidémiologie statistique, études cliniques, projets pharmacologiques, etc.).
- Enfin, les *sciences sociales* devraient avoir une interface plus visible avec certains aspects de la recherche biomédicale.

5. Les stratégies de recherche

La stratégie de choix de *sujets* est au Maroc, comme dans tous les pays « intermédiaires », particulièrement délicate. Elle doit s'assurer validité sociale et pertinence scientifique. Cela suppose beaucoup de discernement.

13. Voir le Rapport Chimie, § 3.1.

14. L'épidémie est liée à des modifications rapides de l'environnement (agriculture, barrages), préoccupantes. La perspective d'un vaccin et l'avantage d'études sur le terrain font de la question un « bon sujet de recherche ».

Un premier problème est celui du choix des collaborations. On peut imaginer une intégration « verticale » (dans une discipline, à l'échelle internationale) ou horizontale (de manière interdisciplinaire, face à un problème local).

Le deuxième problème est celui du choix opportun de sujet : avantage comparatif et maîtrise de la sous-traitance.

5.1. Choix d'intégration

UN EXEMPLE D'INTÉGRATION VERTICALE RÉUSSIE ¹⁵

Le cas est celui d'un laboratoire de chimie organique « historique ». Son choix s'est tourné vers l'étude des substances hétérocycliques.

Certains de ces composés jouissent d'une particulière stabilité et s'accommodent de conditions non contraignantes d'obtention (pas d'équipement sophistiqué). Ils paraissaient susceptibles d'applications aux besoins locaux de la pharmacie ¹⁶.

L'originalité de ces chercheurs a consisté à se charger eux-mêmes, très en aval de la synthèse de leurs produits, de plusieurs étapes inhabituelles comme l'appréciation de la toxicité, et celle d'effets observés sur le rat. Ils sont allés effectuer des stages de formation afin de suivre leurs molécules, d'après l'expression de l'un d'eux, pour ainsi dire « de A à Z ».

Ces travaux ont conduit à de nombreuses *publications* internationales, en collaboration avec des laboratoires de pharmacochimie français.

La coopération avec l'étranger fait partie intégrante de la stratégie du laboratoire, du fait de la mise à disposition d'équipements pour longtemps absents du Maroc (super robots permettant le criblage rapide de nombreux composés) ; et des faiblesses de l'industrie marocaine pharmaceutique, peu portée vers la recherche de molécules (il y aurait pourtant un marché).

UN BEL EXEMPLE D'INTÉGRATION HORIZONTALE (INTERDISCIPLINARITÉ ET RECHERCHE ACTION AUTOUR D'UN PROBLÈME DE SANTÉ : LE SIDA)

Il s'agit d'une maladie à tous égards exceptionnelle. Le sida est globalement stigmatisé et d'un abord délicat dans une société traditionnelle. D'où la difficulté des actions menées en direction de populations marginalisées à l'extrême.

Parmi les dispositifs de lutte, il faut signaler celui, original, construit autour d'un service hospitalier, dans lequel a été fondée une Association marocaine de lutte contre le Sida.

15. Cet exemple est à lire en parallèle au Rapport « Chimie ».

16. Les chercheurs ont opté pour l'exploration des propriétés analgésiques, anti-inflammatoires et psychotropes de leurs composés. En étudiant la famille du diazépam par exemple, ils se sont orientés vers l'étude des propriétés psychotropes, en considérant l'importance d'un tel marché.

L'Association se charge des actions difficiles d'information et de prévention dans les milieux marginaux urbains. Elle procède également à des recherches sur l'observance du traitement, et sur la réception de ses propres interventions.

À ces recherches action s'ajoute une recherche hospitalière, qui porte sur la clinique des infections opportunistes liées au sida. L'immunovirologie est centrale, pour suivre l'épidémie, assurer l'identification précise des souches, et l'estimation de la charge virale, pour le suivi des traitements par les antirétroviraux¹⁷. Le service participe à un essai de phase III, pour lequel il collabore avec le comité d'éthique de la faculté de médecine. Des enquêtes pratiquées dans des milieux difficiles d'accès ont donné lieu à des publications de rang international

La prévention, l'information, le diagnostic, le traitement sont intégrés de la sorte autour d'un service hospitalier. La recherche, sous ses divers aspects (recherche action auprès des populations exposées, recherche clinique, recherche de laboratoire) est intimement liée à ce dispositif, selon une formule originale et adaptée au terrain.

5.2. Choix de sujet

LA RECHERCHE DE L'AVANTAGE COMPARATIF INTERNATIONAL (NEUROLOGIE ET NEUROSCIENCES)

Comme souvent, lorsque la recherche en est aux débuts de son institutionnalisation, sa (bonne) pratique est liée à des personnalités fortes, et aux cénacles autour d'elles. C'est le cas de la recherche en neurologie. Celle-ci, créée en 1975, fut au début exclusivement clinique. En 1983, l'hôpital de spécialités a regroupé l'ORL, l'ophtalmologie, la neurologie et la neurochirurgie autour d'un *plateau technique* associant le scanner, l'électrophysiologie et la polygraphie, les méthodes d'angiographie et l'IRM. À partir de là, l'équipe s'est progressivement étoffée et a diversifié son activité en gardant quelques orientations premières : étude de la mémoire, troubles psychologiques¹⁸, accidents vasculaires. Puis les recherches ont englobé un secteur *génétique*, permettant à l'équipe de publier régulièrement dans de prestigieux journaux.

Autour de ce noyau, un pôle de compétence « neuro » a été récemment créé. Son réseau regroupe de nombreuses équipes (dont celles de l'Institut Pasteur), qui travaillent dans le domaine des maladies génétiques¹⁹. Il exploite *un riche matériel clinique* fourni par les nombreuses familles consanguines. La recherche relie la clinique : description de syndromes inédits et contribution

17. Le Maroc dispose de ces antirétroviraux

18. L'étude des troubles psychiques et des déficits de la mémoire s'est d'abord faite en validant des échelles en langue arabe tout en s'efforçant d'adapter des tests (beaucoup de travail de ce genre reste à faire).

19. En particulier sur les ataxies familiales, les dystrophies musculaires et les neuropathies périphériques.

au démembrement de catégories vénérables comme la maladie de Charcot-Marie-Toth, au diagnostic grâce aux méthodes modernes d'imagerie. Elle couvre une large gamme d'affections. De la génétique moléculaire avec isolement de gènes impliqués dans la pathologie, on passe de plus en plus à l'étude fonctionnelle de molécules.

L'équipe de l'hôpital de spécialités est étoffée, motivée et dynamique. Des séminaires de bibliographie alternent avec des séminaires de présentation de cas. Les collaborations sont nombreuses avec des instituts prestigieux (INH de Bethesda, États-Unis) ou des unités européennes ayant acquis une grande notoriété dans le domaine des neurorécepteurs. L'équipement est à la hauteur de la production scientifique, ou l'inverse. Le laboratoire est bien doté et attire de nombreux DESA et doctorants qui en retour étoffent la production du laboratoire, selon un cercle vertueux.

La réussite tient au choix d'une stratégie de recherche rigoureuse, avertie des frontières de la discipline, limitant ses objets à ceux qui lui assurent un *avantage* relatif (celui d'un matériel clinique exceptionnel, dans le domaine de certaines maladies génétiques), avec l'espoir (et l'ambition) qu'il lui assure des *raccourcis dans la découverte*. La coopération internationale est ici aussi considérée comme indispensable (c'est la condition pour participer au mouvement de la science moderne), mais mesurée et maîtrisée.

DU BON USAGE DE LA SOUS-TRAITANCE

L'exemple est celui d'un laboratoire de *pharmacochimie*, dont l'étiquette de pôle d'excellence a été justifiée par sa production dans les meilleurs journaux anglophones²⁰.

Les membres de ce laboratoire répondent aux offres d'un certain nombre de firmes qui leur proposent des actions de sous-traitance. Sous-traitance qu'ils ne récuse pas, loin de là, dans la mesure où elle procure des financements et des actions de formation.

Mais le laboratoire perçoit en même temps les limites de cette pratique. La sous-traitance est fréquente et tentante comme opportunité pour se doter d'un matériel coûteux, autrement inaccessible²¹. Cependant cette sous-traitance peut amener à **bousculer les priorités**; voire à promouvoir des sujets dont la

20. Cet exemple est à lire en parallèle avec le Rapport « Chimie ».

21. Les chercheurs de ce laboratoire espèrent par exemple obtenir deux appareils pour eux prioritaires, un appareil à résonance magnétique nucléaire (RMN) et un spectromètre de masse, indispensables pour apprécier leur molécules; voire un équipement de diffraction aux rayons X pour leurs études cristallographiques.

22. Par exemple, l'UE a financé un projet avec un laboratoire américain sur la maladie de Lyme (borréliose ayant causé des épidémies récentes et beaucoup d'émoi aux États-Unis), en rapport probable avec des modifications de l'environnement comme la création de sanctuaires où la tique du cerf, vectrice de la maladie pullule.

pertinence au Maroc est douteuse²². Indépendamment des avantages et inconvénients de pareille sous-traitance, pilotage par l'extérieur, manque de visibilité, il est peut-être possible d'en régler le bon usage au moment de la signature du contrat : est-ce à l'état marocain de jouer ce rôle de tutelle ou aux spécialistes de l'université ?

6. Conclusions

La recherche médicale marocaine a de nombreux points forts : bonne connaissance de certaines endémies sévissant dans le pays, exploration des affections émergentes ou des maladies rares d'origine génétique, amorce de recherches sur les pathologies cancéreuses et liées à des modifications de l'environnement ; recherches suivant des critères d'excellence parfois quasi verticales, conduites en continu de la clinique au laboratoire...

Elle le doit à des figures fondatrices et à de petits collectifs opiniâtres. Il est temps de stabiliser ces acquis en passant à un stade plus institutionnel.

Pour pallier aux handicaps actuels, on doit souligner en premier lieu l'intérêt de promulguer un statut du chercheur ; et celui d'assurer (aux universités en particulier) des moyens réguliers facilitant les échanges en tous genres²³, permettant la maintenance des équipements et l'accès à une documentation à jour.

Peut être faudrait-il réserver ces moyens accrus à des laboratoires labélisés. L'identification de « pôles de compétence » mérite en tous cas d'être poursuivie, avec constitution de réseaux autour d'eux. Divers regroupements de forces vives sont encore envisageables, et plusieurs ont été suggérés ici même. Ces pôles et réseaux devront être stabilisés.

La politique d'appels d'offre (PARS et PROTARS), sélectionnant des projets ciblés, est aussi bien venue. Elle donne des indications sur les axes favorisés par le gouvernement, et à terme par la société civile.

Le choix de ces priorités mérite précautions. Il doit traduire un équilibre entre la nécessaire attention portée aux compétences existantes, à la pertinence et à la faisabilité scientifiques, ainsi qu'aux besoins de la société marocaine. Elle devrait se faire sur avis des spécialistes marocains. Ses principes pourraient être de favoriser l'expression d'une bio médecine, ambitieuse et moderne, combinant biologie et recherche clinique ; et face à des problèmes locaux, la promotion d'une interface avec les sciences sociales, et d'une part de recherche action.

Il est peut être intéressant de mentionner à ce point un certain nombre de *sujets semble-t-il délaissés* et pourtant importants. On note par exemple la

23. Notamment : échanges à travers les frontières, déplacements à congrès et stages de formation continue.

faible visibilité de la recherche en psychiatrie, ou celle de la clinique gynécologique. De même les recherches sur la pathologie de l'adolescence ou sur les différents âges de la vie ne sont pas très apparentes.

Il convient aussi de rappeler à l'attention la stagnation des connaissances sur certaines affections gravement invalidantes comme l'hydatidose, qui est la parasitose la plus communément observée dans les hôpitaux européens comme dans les hôpitaux circaméditerranéens²⁴. Mais il faudrait pour l'aborder un consortium international.

Un dernier vœu s'adresse plutôt aux « voisins du Nord ». On ne peut certes qu'encourager (et aider) les pôles et les très bons laboratoires existants à participer aux Grands Programmes et aux « Réseaux d'excellence », que l'Europe met en place actuellement.

Mais on pourrait souhaiter mieux. Les thèmes ne manquent pas sur lesquels l'Europe, sous forme d'aide à la recherche dans le cadre de ses programmes, pourrait faire bénéficier le Maroc de certaines avancées techniques ou conceptuelles. Pour n'en citer qu'un, les neurosciences²⁵ pourraient retenir l'attention de l'UE pour soutenir *un pôle méditerranéen d'excellence* au Maroc, qui s'efforce d'intégrer davantage les aspects cognitifs, informatiques, et neuronaux du système nerveux, étudiés dans de nombreux laboratoires.

24. On peut parler d'une maladie orpheline dans la mesure où le traitement de cette affection, en particulier des formes graves osseuses où la chirurgie est exclue, en dépit de la bonne connaissance du cycle parasitaire, n'a fait aucun progrès depuis plus de vingt ans.

25. Le domaine des neurosciences est aujourd'hui jugé porteur à beaucoup d'égards, en raison de perspectives de dépistage prénatal, des découvertes qu'il permet sur la portée de la plasticité cérébrale et les méthodes possibles de rééducation, qu'il s'agisse des accidents vasculaires cérébraux ou des déficits sensoriels infantiles graves.

Sciences de la mer et aquaculture

EXPERT MARCELO DE SOUSA VASCONCELOS

Le rapport s'ouvre sur un exposé du caractère stratégique pour le Maroc de son domaine maritime, d'une politique marine et d'une politique de recherche associée.

Il examine ensuite les composantes de l'actuel dispositif de recherche (partagé entre l'université, et un institut de mission national). Il se pose à leur sujet cinq mêmes questions : objectifs, organisation, ressources humaines, équipement et financement, communication avec la société civile et les opérateurs économiques.

Il porte enfin un diagnostic d'ensemble, qui met au premier plan les questions de politique et de coordination. Il émet un certain nombre de propositions, avec pour premier objectif le dessin d'un programme responsable de gestion des eaux de juridiction marocaine.

Nous choisissons de livrer les extraits les plus originaux, liés soit à la spécificité du domaine, soit au souci, clairement exprimé, d'un « pilotage raisonnable de la recherche ».

1. Le domaine maritime du Maroc : comment le faire valoir et le préserver

Le Royaume du Maroc dispose d'une longue façade maritime, d'environ 3 500 km. C'est dans les eaux océaniques, tout près de ses côtes, que le Royaume trouve *une de ses plus importantes sources de richesse renouvelable*.

Les **exportations**, outre les primeurs, les phosphates, les composants électriques et électroniques, sont essentiellement liées à des produits de la mer. Même si, pour l'instant, **la consommation** des produits de la pêche ne constitue pas vraiment une habitude très répandue (moins de 10 kg par an et par habitant), il est probable que dans le futur (élévation du niveau de vie, amélioration de la filière) ce niveau tende à augmenter.

À la différence des autres Pays du nord de l'Afrique, le Royaume du Maroc est le seul qui dispose d'une importante **industrie de transformation** des produits de **la pêche**. C'est aussi le seul qui dispose d'un fort potentiel de ressources marines, et de perspectives favorables d'augmentation de ses bénéfices – *à condition, bien sûr, d'imposer des régimes d'exploitation responsables* aux différents segments du secteur des pêches¹.

Mais la pêche n'est pas la seule voie possible de production de richesse pour un pays aux potentialités aussi élevées que le Royaume du Maroc. Le déve-

1. Note page suivante.

loppement de *la mariculture* (dans toutes ses composantes) constitue une cible stratégique pour le gouvernement.

C'est d'ailleurs le domaine de l'innovation technologique qui offre les perspectives les plus intéressantes. On peut citer différents exemples montrant clairement que les efforts des chercheurs marocains (réalisés ou non en collaboration avec leurs collègues d'autres nationalités) ne se limitent pas à un inventaire des différentes ressources naturelles mais visent aussi l'exploitation *des richesses extraordinaires offertes sur un plan médical, alimentaire ou industriel (chimie, cosmétiques, etc.)* par ce que Pierre Potier appelle « le magasin du Bon Dieu ». C'est un secteur innovant ouvert à la créativité, dans lequel la biodiversité revêt une importance accrue comme ressource d'intérêt économique.

Pour résumer, le littoral et les ressources de l'ensemble de la mer territoriale (MT) et de la zone de juridiction maritime (ZEE) représentent, aussi bien que le potentiel humain existant², un vaste capital pour le futur d'une politique de développement Marocaine. Pour assurer un développement durable en la matière, le Royaume du Maroc doit fonder sa politique sur *la connaissance et le bon usage* de l'océan et de ses ressources³. Une telle politique dépend donc des *bases scientifiques* et socio-économiques sur lesquelles elle s'appuie.

2. Le besoin de recherche

Pourquoi y a-t-il ici nécessité de recherches ?

C'est que la ressource (traditionnelle : pêche, ou pas : nouvelles ressources marines) n'est *ni fixe ni inépuisable*. Des espèces migrent ou disparaissent.

— Elles peuvent être affectées par une logique de *surproduction industrielle*, qui pour un profit facile méconnaît leur insuffisance et leur vulnérabilité.

— La *qualité du milieu marin* est un autre facteur important qui conditionne leur survie en périodes de fragilité, leur prospérité grâce au plancton (très sensible aux agents polluants).

— *D'autres phénomènes* se déroulent à plus grande échelle (dans le temps, dans l'espace), dont il faut bien admettre que notre connaissance est lacunaire ;

1. Ces dernières années, les captures ont connu certaine diminution (due à la raréfaction de *ressources surexploitées et/ou au déplacement de certaines espèces* vers le sud). L'importance économique et sociale de la pêche n'en reste pas moins considérable : c'est celle d'un produit clé d'exportation ; mais c'est aussi un élément essentiel à la *stabilité des communautés de pêcheurs* et, éventuellement dans les périodes de pénurie plus extrêmes, à la *survie des populations* de l'intérieur accablées par la sécheresse et le manque de ressources.

2. Le littoral concentre plus de la moitié de la population du pays, le gros de son industrie (70 % est fixée entre Kénitra et Safi), et les concentrations urbaines les plus importantes.

3. Usage qui peut être *traditionnel*, comme dans le cas de la pêche, *non traditionnel*, comme dans celui de l'aquaculture, et *non conventionnel*, comme dans celui des biomolécules.)

mais dont on sait qu'à moyen terme ils vont poser des problèmes cruciaux. En ce qui nous concerne il faut mentionner :

- les relations étroites entre les océans et l'atmosphère ; la grande circulation océanique (en particulier thermohaline) ; et leurs conséquences sur le milieu marin et *sur le climat* ;
- les conséquences des *variations climatiques* sur le frai et la reconstitution des ressources marines ;
- la relation éventuelle entre des phénomènes périodiques comme El Nino, les moussons et *l'oscillation nord atlantique* ;
- la topographie et la nature géologique des *fonds marins* et leur relation avec les modèles de circulation et la répartition des espèces ;
- les facteurs déterminants des *modifications significatives du comportement* de ces ressources (par exemple, concernant leur répartition ou leur abondance)...

L'avenir d'une activité économique comme la pêche *dépend pour beaucoup* d'une gestion rationnelle et responsable des ressources, à chaque instant, ainsi que de *la capacité à prévoir* suffisamment à l'avance (grâce à *des scénarios et à des modèles* aussi fondés que possible) les modifications importantes susceptibles de se produire, et leurs conséquences (aussi bien sur un plan socio-économique qu'au niveau de la politique de développement).

- La localisation des espèces, la surveillance de la salubrité requièrent un travail d'inventaire méthodique et constant, soigneusement consigné en bases de données susceptibles d'analyses secondaires : découverte de marqueurs, d'indicateurs d'alerte, de points de référence quant à la tolérance biologique et écologique des ressources ; évaluation des risques et vulnérabilités, et plus profondément, compréhension des mécanismes à l'œuvre.
- L'étude des phénomènes océanographiques, et l'évaluation de leurs conséquences nécessitent des recherches de plus long terme, plus fondamentales (y compris modélisations) ; mais elle est de la plus haute importance pour le maintien des niveaux de production dans les pêcheries qui se développent sur la plateforme continentale.

On conclut facilement qu'aucune branche de la science ne peut être considérée comme superflue dans la lutte pour une plus grande sécurité et stabilité. Seul l'approfondissement du savoir à travers *une recherche scientifique solidement organisée peut contribuer à réduire les marges d'incertitude* dans la définition des politiques et les prises de décision. Il s'agit d'un des éléments clés permettant la conception et la concrétisation d'une politique de développement fondée sur le concept de durabilité. Cette politique doit tenir compte de la fragilité du milieu, des limitations et de la vulnérabilité des ressources. L'expérience des dernières décennies montre que le progrès dans ces domaines

exige des approches nouvelles : une vision élargie et *pluridisciplinaire* des problèmes (perspective écosystémique), une attitude de *précaution*, une capacité *d'innovation* et un grand sens des *responsabilités dans la gestion*.

3. L'asymétrie du dispositif de recherche

3.1. État des lieux

Il s'agit d'un dispositif dual, reposant sur :

- un grand Laboratoire d'État (l'Institut national de recherche halieutique [INRH], sous tutelle du ministère des Pêches maritimes) appuyé sur un réseau de centres régionaux couvrant, stratégiquement, tout le littoral et :
- un ensemble d'instituts, laboratoires, groupes et unités de recherches au sein des facultés des Sciences de plusieurs universités, qui dépendent du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique.

Ce système est caractérisé par une *asymétrie* (en termes d'équipement, comme *d'objectifs* stratégiques poursuivis) :

- d'une part, la structure unique de *type « mission »* est faite pour répondre (parfois de façon routinière) aux problèmes spécifiques d'un secteur d'importance stratégique pour l'économie nationale ;
- de l'autre côté, on constate une certaine pulvérisation du système de recherche universitaire, dans une multiplicité de structures dont la dimension et la capacité sont variables, mais qui *abritent des compétences* fort loin d'être négligeables dans différents domaines du savoir.

L'ensemble *ne fait peut être pas système*.

- D'un côté, la *volonté politique* et les grands principes en matière de science et de technologie existent déjà ;
- D'un autre côté, la persistance de problèmes de fond suggère la nécessité de progresser par :
 - la définition de *priorités* ;
 - le choix de *stratégies* ajustées à la réalité du Maroc ;
 - la fixation des *objectifs*.

En particulier, *dans le domaine des sciences de la mer* :

- un des problèmes majeurs à surmonter est la désignation claire de l'importance de ce domaine. Il devrait bénéficier d'une priorité dans le cadre d'une politique scientifique nationale ⁴.

4. Avec une vision élargie de ce que peuvent être les enjeux et développements futurs en ce domaine (exigences du développement social du Royaume, enjeux d'un environnement déjà affecté par l'activité humaine).

- au niveau des opérateurs, l'absence *d'une politique spécifique* intégrée (priorités, objectifs et stratégies) entraîne des difficultés à organiser leur secteur (à l'université plus encore qu'à l'INRH).
- D'un côté, tardent à se dessiner les *indispensables coordination, planification, évaluation et synergies*. De l'autre, le système a moins *d'efficacité* qu'il ne pourrait, *face aux défis* imposés par une politique de développement qu'on veut durable, c'est-à-dire plus intelligemment ajustée aux spécificités du milieu et de l'environnement.

3.2. Situation dans les sous systèmes

LES OBJECTIFS

C'est à l'université que le manque de « cadrage » porte les effets les plus délétères.

Faute d'orientation stratégique précise, et de *coordination institutionnelle* des équipes au niveau national⁵, dans la nécessité aussi *d'assurer (outre la recherche)* l'enseignement et la préparation de cadres, cet ensemble universitaire nous a laissé l'impression, en général, d'une *absence de but commun*.

Le défaut d'objectifs clairs et d'une stratégie (au sens de la poursuite d'un intérêt global, collectif), l'absence corollaire de planification nourrissent pour l'heure des conséquences difficilement surmontables (comme par exemple, le niveau insuffisant des budgets attribués, et les problèmes de leur répartition). Ces conséquences se répercutent sur le *degré de pertinence des activités* et se traduisent dans

- le caractère ponctuel des études;
- l'existence de lacunes en certains domaines;
- une tendance à la multiplication des thèmes;
- une prolifération de littérature grise.

Il existe bien par endroits une volonté d'adopter des *axes d'orientation*, pouvant s'inscrire dans la *vision holistique* qui doit être celle de la recherche scientifique et technique dans le domaine de la mer.

Néanmoins, les travaux réalisés ne sont pas toujours pertinents; et ne vont pas toujours dans le sens des intérêts du pays (= dans l'optique d'une politique de développement).

Évidemment, la faute n'en incombe pas aux chercheurs (pas exclusivement en tous cas, bien qu'il puisse y avoir là, comme au niveau du système, des responsabilités). Elle tient fortement à l'insuffisance en équipement et en installations adéquates, à la difficulté d'accéder à la documentation aux bases de données et aux moyens navigants. Ces limitations se répercutent sur les équipes de recherche, et sur *les objectifs* qu'à chaque moment elles peuvent se fixer avec des chances d'aboutir à un résultat tangible.

5. La mise en place d'un Réseau national des sciences et techniques de la mer (REMER) est certainement une initiative innovante mais qui en est à ses premiers pas.

L'INRH est dans une situation différente.

En tant que structure de « mission », l'INRH occupe une place d'importance stratégique, et ses grands objectifs sont clairement définis : il doit contribuer par son action à une gestion responsable des ressources halieutiques, et au développement de formes alternatives (complémentaires) d'exploitation des ressources marines disponibles dans les eaux sous juridiction marocaine (par exemple, la mariculture).

L'Institut est donc cadré par *une politique de recherche et développement, sectorielle et spécifique*. Toutefois, l'évolution et le progrès des connaissances ont montré la nécessité d'élargir le champ d'action, et de mettre en œuvre une interdisciplinarité croissante. Cela pose des questions au niveau des programmes, de leur cadrage, mais aussi dans le domaine de l'organisation (voir plus bas).

LA QUESTION DES MOYENS

À l'université, c'est la question des moyens matériels qui se pose cruellement :

- *l'accès aux navires de recherche* dépend du bon vouloir d'autres institutions (qui ont leurs obligations et leurs priorités spécifiques). Le problème, presque insurmontable (coût à l'achat, maintenance), nécessite d'être traité⁶ ;
- l'équipement *mi-lourd* est rare. La dépendance à l'égard des coopérations étrangères est sur ce point très évidente. Même si elle permet de surmonter certains problèmes (analyses, remises à jour), cette dépendance représente aussi une fragilité/vulnérabilité pour le système marocain (durabilité ; difficultés d'une stratégie propre) ;
- les laboratoires sont souvent logés dans des installations de fortune ;
- l'acquisition de matériel est un parcours d'obstacles administratifs (lourdeur et surtout lenteur bureaucratiques, surcoûts et absurdités qui en résultent...) ;
- les *budgets courants* sont très limités, et pas toujours bien partagés (relativement aux équipes plus actives et productives).

L'expert estime que la dissymétrie des moyens se nourrit non seulement de la dissymétrie des objectifs, mais de l'inégalité des visions stratégiques.

À l'INRH, les moyens matériels semblent adéquats. Mais c'est la question du statut des chercheurs qui se pose de façon cruciale.

- D'une façon générale, l'Institut est bien équipé :
- les installations sont bonnes ;

6. Possibilité d'accès à des moyens alternatifs à ceux de l'INRH pour réaliser des campagnes océanographiques : éventuellement Centres de formation maritimes, ou autres entités ?

- une cinquantaine de personnes assure l'opérationnalité de 2 navires de recherche (dont un 40 mètres récent), 2 « zodiacs » et 2 vedettes (appui au Centre aquacole de M'Dik);
- il n'y aurait pas grandes difficultés budgétaires⁷ (sauf fluctuations annuelles erratiques).

Par contre :

Les carrières professionnelles pour les chercheurs sont inexistantes ou insatisfaisantes. Ce n'est pas un petit paradoxe. Et c'est un handicap pour donner essor aux projets de recherche plus fondamentale, et à l'innovation. C'est un aspect qui devrait être considéré *au niveau national*, dans le cadre d'une réflexion globale sur tout le système de recherche, avec pour objectif *d'harmoniser les situations dans les divers établissements où se réalisent des recherches, quels que soient leurs statuts et tutelles*⁸.

Le problème peut être élargi au cas des *techniciens* (supérieurs ou auxiliaires), dont nous avons noté la quasi absence au niveau des laboratoires *universitaires* et du travail de terrain.

Ainsi, le système encourt actuellement un double risque de découragement et de déperdition :

- *par défaut de carrière, là où les conditions de travail sont bonnes;*
- *par défaut de moyens, là où les conditions de statut sont satisfaisantes.*

L'ORGANISATION

À l'université

L'absence de *coordination* globale, ou une coordination qui a encore des faiblesses (faute, surtout d'une définition de *priorités* à haut niveau) est peut être responsable d'un certain manque de pertinence, et d'une perte d'efficacité de l'effort de recherche (au regard de la cible stratégique que constitue l'amélioration des conditions socio-économiques dans le pays).

Ce sont *les équipes* de recherche, de taille et de capacités variables, qui se fixent les objectifs qu'elles peuvent atteindre, avec des limitations importantes dues aux conditions de travail (budgets, équipement, navires...).

7. L'essentiel du budget de fonctionnement provient de *taxes parafiscales* (60 %, à peu près, destinés au paiement du personnel). Cette disposition oblige toutefois tout le personnel à donner *priorité absolue à la mission* de routine (ou très appliquée) qui la justifie; et à s'acquitter soigneusement de ses tâches. La subvention d'État complète le budget de fonctionnement mais permet aussi l'acquisition d'équipement. *La prestation de services et la réalisation de projets* (pour le compte notamment des ministères responsables de l'Économie et de l'Environnement) complète le système financier qui soutient l'INRH.

8. Dans le cadre de règles claires, d'une transparence des critères et méthodes d'*évaluation*, et d'une récompense des *résultats* obtenus (scientifiques *ou/et techniques*, tenant compte des situations institutionnelles différentes).

— Les équipes universitaires sont *structurées autour* des enseignants chercheurs, doctorants et étudiants. C'est un facteur positif à certaines phases du travail ; mais il risque à d'autres de constituer une contrainte gênante, surtout quand les projets acquièrent une dimension et des objectifs élargis.

— La formation très spécialisée du chercheur est normalement un avantage ; mais elle *peut se transformer en obstacle*, lorsqu'il faut ouvrir de nouveaux champs de recherche. Ce facteur polarise les choix de sujet, et influence leur pertinence.

— En effet, la formation de base d'un chercheur (et de son équipe) conditionne les choix qu'il opère. S'il n'entretient que de faibles liens avec des groupes homologues, a fortiori avec des groupes multidisciplinaires, s'il a peu d'information disponible (en particulier peu d'accès à des sources scientifiques et techniques), et peu d'entrées dans les secteurs productifs, il s'en remettra souvent pour évoluer au seul réseau de contacts disciplinaires qu'il entretient au niveau de la coopération internationale. Ce cas de figure est fréquent. Il peut conduire à de graves déphasages, avec l'évolution rapide des approches modernes dans le domaine (multidisciplinaires, précisément).

On ne peut pas encore parler d'une culture d'évaluation institutionnalisée (il y a des exceptions, mais elles en semblent aux débuts). Or l'évaluation constitue un instrument permanent de mesure de la qualité scientifique des projets et des équipes en charge. C'est aussi une méthode de suivi qui permet de vérifier la pertinence des recherches en termes stratégiques et scientifiques (par exemple : contribuent-elles à renforcer les capacités scientifiques), aussi bien que l'impact, direct et indirect, de leurs retombées dans le domaine socio-économique.

L'INRH :

Au niveau central, l'Institut (qui emploie un peu plus de 100 chercheurs et presque autant de techniciens) s'organise en 4 départements (dont un administratif et trois scientifiques), et 16 laboratoires (6 autres laboratoires sont régionalisés). Point positif à signaler : il y a une cellule socio-économique dans l'Institut.

L'INRH dispose d'installations déconcentrées, parfois spécialisées : 6 centres régionaux de recherche, 8 stations de contrôle de qualité, 1 centre aquacole, 1 centre de technologie et valorisation des produits de la pêche, 1 centre de documentation (à Casablanca), et un réseau de surveillance de la salubrité du littoral.

À chaque instant, l'Institut se voit poser par les praticiens (profession et ministère) des questions multiples et complexes : charge à lui de produire les avis scientifiques soutenant la prise de décision, et la définition des politiques et stratégies sectorielles. Cette contrainte hache et oriente l'activité de recherche. C'est pourquoi l'INRH s'est doté de programmes pluriannuels, complétés par des plans d'action, qui ont été élaborés en consonance avec les objectifs et stratégies définis.

Il y a trois types de programmes :

- ceux qui ont un rôle fédérateur et sont permanents (par exemple, les études orientées vers l'évaluation des ressources, ou celles relatives à la salubrité) ;
- d'autres, à caractère plus ponctuel, orientés pour répondre à des problèmes posés par le secteur ;
- il y a enfin des programmes de recherche fondamentale, dont le rôle est complémentaire.

La qualité (scientifique) des recherches est évaluée par des jurys mixtes, composés pour moitié de membres de l'INRH mais présidés par un élément externe.

En ce qui concerne la pertinence du travail développé, il ne semble pas y avoir de système d'évaluation indépendant externe. On s'en remet aux indicateurs d'effets institutionnels (impact sur les décisions politiques, continuité des actions de formation) ; et à la mention de concours apportés au secteur économique⁹.

LA COMMUNICATION

Le rapport adopte une vue d'ensemble, incluant les problèmes *de documentation*. Il souligne que le progrès scientifique (et de façon générale celui des connaissances) exige :

- la disponibilité d'informations en temps utile

Cela nécessite l'accès facile à une diversité de sources nationales et internationales.

- Et l'institutionnalisation de débats réguliers au sein de la communauté scientifique...
- ... ainsi qu'entre cette communauté et les secteurs productifs ou la société civile.

— *Sur le plan de la communication scientifique*, le rapport déplore un manque de publications périodiques nationales ; et l'absence de système d'information régulier sur la production de thèses dans les différentes Universités. Il loue l'INRH dans son entreprise de développer une base de données où figurerait toute l'information issue des campagnes de recherche concernant la ressource et les aspects socio-économiques. Il la souhaite ouverte à tous les

9. On notera que cette organisation, appréciée, correspond d'assez près avec celle recommandée aux universités par les experts en Sciences de la Terre. Leur Rapport prône : « ... De (grands) laboratoires ou unités de recherche, comportant un nombre conséquent de scientifiques de spécialités complémentaires. Ils seraient ainsi capables de travailler sur des chantiers communs, en fonction des programmes ou commandes ; ils se constitueraient suivant les besoins en sous groupes fonctionnels à géométrie variable, en personnel et dans le temps. Ils auraient à conduire des recherches fondamentales mais aussi appliquées (évidemment plus lucratives, mais aussi garantes de pertinence).

chercheurs, et regrette l'inexistence presque généralisée de banques de données, ouvertes et mises à disposition du public et de la communauté scientifique. Il souligne l'aspect structurant que revêt la construction et l'harmonisation de grandes bases de données, et s'en remet au CNCPRST (et à ses bras armés de l'IMIST et de MARWAN) pour faire avancer le problème (collecte, harmonisation, diffusion).

— *Sur le plan des relations avec la société civile*, il insiste sur la nécessité de relations régulières avec la presse, d'interventions et de programmes à la radio et à la télévision. Il demande de valoriser (évaluation positive) la disponibilité, le dynamisme et la capacité de vulgarisation des équipes de recherche.

— *Sur le plan des relations avec le secteur productif*, il note qu'elles restent largement à développer par l'université (qui devrait recourir pour commencer à la formation continue, aux conventions de service, puis aux contrats de recherche).

La situation est meilleure à l'INRH, où les contacts sont réguliers, et qui siège dans les Chambres maritimes régionales. Il estime que, malgré la difficulté, il vaudrait d'amplifier les quelques actions de diffusion déjà entreprises en direction des communautés de (petits) pêcheurs.

ORIENTATIONS ET RÉSULTATS

Pour conclure sur les opérateurs, l'expert émet les remarques suivantes :

En ce qui concerne l'université

Malgré les difficultés (elles sont nombreuses : accès aux moyens navigants, au matériel de laboratoire adéquat, à la documentation et à des installations convenables...), le travail effectué par les équipes (essentiellement au niveau des côtes, estuaires et lagunes) présente un intérêt indiscutable et une grande valeur pour le pays.

À titre d'exemple, l'expert signale une quinzaine de thèmes, impliquant autant d'équipes sur la vingtaine qu'il a visitées. Il donne pour chacun des indications, concernant leur intérêt pratique pour le pays¹⁰.

Il est très clair que le Maroc dispose ici d'un tissu scientifique de très bonne, et même de haute qualité. L'activité est particulièrement intense dans les jeunes universités ; elle donne lieu à publications, et à la soutenance de thèses témoignant de savoirs très à jour.

S'il est un effet inhibiteur à l'adoption d'axes d'orientation, il faut le chercher dans *une stratégie nationale* manquant de clarté ; et dans *l'organisation* du système universitaire lui-même.

10. La nécessaire coordination avec l'industrie nationale existe parfois déjà (micro et macro algues).

En ce qui concerne l'INRH

L'INRH étant un organisme de mission, ses grands objectifs sont clairement définis. En règle générale, les études sont orientées par les objectifs spécifiques.

La nature de certaines obligations conditionne la typologie du travail réalisé : il est *répétitif*, engendrant une certaine prolifération de *littérature grise*.

C'est en outre une contrainte, pour conduire les programmes de recherche plus *fondamentaux* que requiert la connaissance moderne des interactions environnement – système productif – activités humaines ; ou la découverte de nouvelles ressources marines. Il y faut une compétence croissante dans les domaines de la génétique, de la physiologie, ou de la modélisation mathématique.

Dans tous ces domaines, le renforcement de la *coopération institutionnelle avec la recherche universitaire* présenterait des avantages. C'est à travers lui que les connaissances scientifiques et techniques progresseront plus rapidement et profiteront au pays.

4. Nécessité d'une politique des océans et de sa coordination

Le sentiment dominant est qu'en l'absence d'une orientation commune, l'activité institutionnelle finit par se développer selon une logique plus individuelle que collective.

La dualité du système (sous systèmes INRH et universitaire) et l'absence d'une logique intégratrice (un but, un langage et un instrument) est cause d'inefficacités plus que de synergies. Elle peine à trouver ses solutions institutionnelles.

Le domaine de la recherche scientifique et technologique est, par définition, transversal aux différentes structures d'un gouvernement, ce qui rend nécessaire de concevoir et établir des mécanismes de coordination.

Il faut souligner *l'importance décisive que la définition de politiques peut avoir* dans le procès de développement de la recherche. Sans une orientation claire, fédératrice, les avancées seront toujours lentes et difficiles.

L'opinion du consultant est que la localisation du Royaume et la richesse de ses mers sont des arguments plus que suffisants pour maintenir et amplifier l'effort, et pour :

- afficher très clairement que la recherche en sciences de la mer est stratégique pour le développement du pays et qu'elle constitue une priorité ;
- approfondir la liaison entre les politiques de développement (pas seulement au niveau sectoriel de la pêche et de l'aquaculture), de l'environnement (marin et côtier – y compris gestion intégrée des zones côtières) et de la recherche scientifique et enseignement.

Dans ce cadre et face aux défis de l'actualité, et, surtout, des années qui viennent, il semble raisonnable (indispensable même) d'établir sur des bases solides une politique globale et cohérente pour les océans, articulant les approches de

divers Ministères, définissant un cadre global et dessinant un programme responsable de gestion, global lui aussi, des eaux de juridiction marocaine.

Cette perspective amène à une autre idée : le besoin d'un dispositif adéquat qui mutualise les décisions et articule les politiques. Il devrait être capable d'assumer de façon responsable la définition de priorités (suivant les orientations du gouvernement), l'établissement d'un programme de recherche à long terme (idéalement à 10 ans)¹¹, le rassemblement des capacités existantes, la sélection de programmes/projets conformes aux objectifs fixés, et la coordination – en prévoyant des mécanismes d'évaluation indépendants.

Ce type d'organisation correspondrait à la mise en place d'une structure nationale de coordination dans le domaine des Sciences de la Mer, avec un statut équivalent, par exemple, à celui d'une agence ou d'un secrétariat national dont la compétence, l'autorité, l'influence et la capacité d'intervention devraient être reconnues¹².

5. Mesures spécifiques pour une recherche plus pertinente et plus efficace

Au-delà du besoin de politique intégrée, et d'une structure nationale de coordination, les principales contraintes, les plus gênantes à ce stade, sont liées à la clarification du rôle de chacun des différents intervenants (structure de mission, universités et secteur productif), à l'organisation de la recherche dans sa globalité (réseaux, partenariats), à l'adoption de règles plus transparentes de coopération interinstitutionnelle, à la définition des *carrières* et à l'établissement d'un système d'*évaluation* indépendant permanent.

Quelle que soit la solution politique adoptée dans le futur proche, il est vivement désirable que se manifeste un appui fort à la recherche marocaine dans le domaine, traduit par l'adoption de mesures contribuant de façon décisive à :

- assurer un budget spécifique ;
- consolider en *unités* relativement amples et solides la masse critique existante ;
- stimuler la coopération multidisciplinaire ; renforcer les compétences qui ont un rôle clé, à travers des réseaux et des pôles interdisciplinaires¹³ ;
- procéder à la révision de la *carrière* de chercheur ;

11. Ce programme national d'orientation (10 ans) pour la recherche en sciences de la mer énoncerait clairement des axes prioritaires, de grandes lignes d'action, et des objectifs précis. Il s'agira : de tenir compte des changements climatiques et de leurs conséquences probables sur les ressources et la zone côtière ; d'approcher de façon systémique les différents problèmes, en tenant compte des réalités du secteur économique (recherche opérationnelle) mais aussi de l'absolue nécessité d'augmenter la capacité endogène de recherche et les connaissances dans une diversité de sous domaines, y compris de base.

12. Le REMER est à soutenir ; mais il ne peut remplacer *une autorité nationale*.

- promouvoir l'instauration d'un système *d'évaluation* permanente des institutions, des équipes et des chercheurs, en ce qui concerne la compétence et *le mérite* du travail réalisé ;
- privilégier l'*originalité* des travaux scientifiques et l'innovation ;
- encadrer l'acquisition d'équipement lourd en le mettant au service de toute la communauté scientifique ;
- apprécier les possibilités d'accès à des moyens alternatifs pour la réalisation de campagnes océanographiques ;
- introduire des mécanismes qui permettent d'alléger le poids bureaucratique et de réduire les coûts dans l'acquisition d'équipement et de matériel de laboratoire ;
- privilégier la diffusion de ce qui se fait en différents domaines de la recherche auprès du grand public, souligner l'importance de cette contribution marocaine aux progrès du pays et de la connaissance.

Quel que soit le chemin choisi, il faut toujours se rappeler ce que la « Commission on Sustainable Development » soulignait, dès 1990 :

« ... les océans et les mers constituent la majeure partie de la planète. Ils abritent la vie, le cycle hydrologique, et fournissent des ressources vitales permettant d'assurer le bien-être des générations présentes et futures. Elles aideront à la prospérité économique, à éliminer la pauvreté, à garantir la sécurité alimentaire, et à conserver la diversité biologique marine qui a pour valeur intrinsèque de maintenir les conditions permettant la vie sur terre... »

13. La création de pôles interdisciplinaires de recherche pourrait être une des solutions, par exemple, en ce qui concerne la masse critique. Ils seraient établis en fonction de programmes de recherche prioritaire prenant en compte les axes d'orientation stratégique nationaux. Pareille solution a l'avantage de permettre de contourner les limites qu'impose assez fréquemment l'adoption d'objectifs précis, par des départements ou services.

Mécanique et génie mécanique

EXPERT CLAUDE CONTI

Le rapport adopte une démarche « d'analyse de la qualité » et précise ses outils.

Il examine d'abord le potentiel humain et les moyens expérimentaux ; puis les objectifs poursuivis par les chercheurs, et les attentes de l'industrie.

Il conclut à la forte déconnexion des deux mondes, et il avance sept suggestions pour améliorer la situation.

Nos extraits concernent surtout ces derniers aspects, vigoureusement exprimés.

1. Définition du domaine et méthode d'évaluation

Le domaine

Comme les STIC, le Génie mécanique est un domaine indissolublement scientifique et technique. En son sens large, il englobe la recherche fondamentale et appliquée en Mécanique, ainsi que les développements d'ingénierie typiques du génie mécanique.

Il concerne notamment :

- le développement d'outils d'analyse ou l'utilisation de dispositifs expérimentaux en mécanique des fluides et mécanique du solide ;
- la conception de systèmes mécaniques (jusqu'à celle d'usines entières) : dimensionnement, fonctionnalités, prototypes... ;
- les méthodes de fabrication et de production.

La méthode

La méthode adoptée dans ce rapport est celle de *l'analyse de qualité*.

On considère la recherche comme un processus de transformation.

À l'entrée sont les moyens humains et matériels disponibles. Les effets en sortie s'expriment notamment en termes de publications scientifiques, de services rendus aux entreprises, de potentialités d'insertion professionnelle des chercheurs et des diplômés.

La boîte noire du système inclut la *volonté* des acteurs, médiatisée par *l'organisation* pour produire des *résultats*.

L'extérieur du système interagit avec le processus de recherche : les attentes des *bénéficiaires* influent sur les objectifs des chercheurs ; et les résultats obtenus créent une perception de leur activité.

En externe, l'écart entre attentes et perception du résultat permet une évaluation en termes de « *satisfaction* ».

En interne, le rapport entre volonté et réalisations des acteurs mesure la *conformité* de l'action aux objectifs poursuivis.

2. Les « moyens » de production

2.1. Le potentiel humain

L'expert note d'abord n'avoir pas rencontré de chercheurs permanents, ni d'étudiants boursiers de thèse; nulle part non plus de chercheurs dont le financement, même partiel fût assuré grâce à une collaboration avec des partenaires industriels.

Il en résulte que la recherche est alimentée exclusivement par les enseignants chercheurs, membres du personnel académique employés par l'Université; ainsi que par les étudiants de troisième cycle des filières DESA ou doctorat. Ces derniers doivent s'autofinancer.

Il convient de souligner le dynamisme variable des enseignants chercheurs rencontrés. Une proportion d'entre eux justifie son **manque de motivation** par :

- l'absence d'obligation contractuelle à effectuer des recherches ;
- la linéarité de l'évolution de la carrière, qu'ils ressentent jusqu'ici comme peu ou pas corrélée avec les activités de recherche ;
- les motifs de *découragement*, attribués aux manques de moyens matériels et à une recherche qu'ils ressentent *peu structurée*¹.

D'autres, plus jeunes, en particulier dans des établissements récents et mieux équipés, font preuve d'un comportement positif qui leur permet de suppléer au manque de moyens, de continuer à mettre sur pied des projets, ou d'essayer à partir d'initiatives *personnelles* de créer des liens avec l'entreprise.

2.2. Les moyens expérimentaux

Les moyens matériels les plus conséquents se retrouvent dans les écoles d'ingénieurs ou dans les institutions récentes (telles que les facultés de sciences et Techniques : FST). Ils sont pratiquement inexistantes dans les laboratoires des Facultés de Sciences les plus anciennes.

Il s'agit toutefois principalement d'équipements à usage *exclusivement didactique*.

Lorsqu'un laboratoire dispose d'équipements, l'état de celui-ci laisse généralement à désirer. Les raisons les plus souvent avancées par les responsables de laboratoire sont les suivantes :

1. Un petit exemple, mais très souvent cité, concerne la nécessité de subsidier eux-mêmes les déplacements qu'ils sont amenés à faire au Maroc pour y rencontrer des partenaires universitaires ou industriels.

- il n’y a généralement pas de *techniciens* suffisamment compétents pour assurer la maintenance des équipements lourds. Les préparateurs qui assurent le fonctionnement des *laboratoires destinés à l’enseignement* ne semblent avoir ni les compétences, ni la disponibilité requises pour s’occuper de l’entretien ou de la réparation du matériel lourd ;
- l’université ne dispose ni de budgets récurrents de *maintenance*, ni des fonds suffisants pour assurer des réparations même mineures ;
- les usagers des équipements² n’ont pas toujours été consultés sur leur choix. Il s’ensuit un sentiment de *non responsabilisation* vis-à-vis du matériel et de sa mise hors service.

Il faut lier la question de l’entretien à celle des *collaborations industrielles*. Leur rareté fait qu’il n’existe guère d’entrée de fonds pour subvenir aux besoins de réparation. La moindre panne, même banale, occasionne la mise hors service.

Le défaut de collaborations se nourrit de la faiblesse des équipements, et de leur *manque de visibilité*.

- Certains responsables de recherche se plaignent du peu d’intérêt des entreprises pour les essais expérimentaux qu’ils pourraient leur proposer ; mais ils ne disposent pas d’un portail sur le web, ou d’un prospectus explicite visant à divulguer l’information auprès des partenaires potentiels.
- Sur le plan de l’équipement informatique, les ordinateurs sont plutôt anciens, et les moyens logiciels très réduits. Peu de laboratoires disposent des licences des logiciels commerciaux les plus couramment utilisés en ingénierie mécanique. Cette lacune constitue sans nul doute un *handicap dans ce que l’université peut proposer aux entreprises* comme services d’ingénierie de calcul.

Contrainte et parfois alibi, le manque de moyens a des conséquences sur *l’orientation des recherches* :

- La rareté des logiciels d’ingénierie se traduit par la tendance dans certains laboratoires à vouloir redémarrer certains sujets de façon très fondamentale, *alors que des outils informatiques performants et validés existent sur le marché* ;
- Le manque de moyens semble avoir accentué le phénomène de *personnalisation* de la recherche, qui fonctionne principalement sur la base d’initiatives individuelles. Le matériel semble dans certains cas très associé au chercheur qui l’utilise au risque d’en affecter la visibilité et la disponibilité.

2. Fréquemment acquis sur fonds extérieurs à l’université (y compris dons ou contrats internationaux).

3. Dans la « boîte noire » : volonté, organisation, résultats

3.1. Les objectifs poursuivis par les acteurs

Les enseignants chercheurs employés par l'Université ont en début de carrière pour principale *motivation* à la recherche, l'obtention de *la thèse d'État* indispensable à la poursuite de leur carrière académique. On constate une baisse de motivation une fois la thèse obtenue, justifiée comme déjà dit (pas d'obligation ; manque de moyens et de structuration).

Le voulu des responsables universitaires visités semble surtout concerner la formation des chercheurs, le développement de leurs compétences et leur capacité à assurer des publications scientifiques dans des revues scientifiques de renom.

La volonté existe toutefois dans certaines institutions d'aller vers l'entreprise en proposant certaines formations spécialisées, susceptibles de les intéresser. Toutefois, les exemples que nous avons observés étaient généralement orientés vers le management et la qualité, mais concernaient peu spécifiquement la Mécanique ou le Génie mécanique.

La *motivation du choix des thèmes* est généralement assez diffuse.

- L'entreprise marocaine n'apparaît que très peu dans la définition des objectifs de recherche.
- Au niveau individuel, l'un des principaux objectifs des enseignants chercheurs est de s'assurer une collaboration à l'étranger pour pallier au manque de moyens, accéder à la documentation, et trouver à publier sur des sujets plus ambitieux que ceux applicables au tissu économique local.
- Quelques exceptions doivent toutefois être signalées, surtout chez les jeunes enseignants chercheurs qui préféreraient *orienter leur recherche vers des thèmes plus utiles à la nation*. Mais eux-mêmes sont handicapés dans leur démarche par : leur méconnaissance du tissu industriel marocain ; et la nécessité de choisir un thème académiquement valable, et de le subsidier.

3.2. L'organisation

La structuration des équipes de recherche n'apparaît pas clairement : les notions de *laboratoires* ou d'équipes de recherche n'étant pas définies officiellement, elles peuvent recouvrir des réalités très différentes, quant au nombre de chercheurs concernés et l'ambition des thématiques couvertes.

Les recherches présentées dans chaque établissement constituent alors *une mosaïque* de thèmes. Le risque existe d'évoluer vers une recherche très personnalisée, dont l'ensemble manque de cohérence faute de s'inscrire dans un *projet fédérateur*. Les établissements sont souvent très préoccupés de didactique. Ils ont rarement défini un plan d'action pour la recherche, qui pourrait être le meilleur des labels dans leur environnement.

La **visibilité** des recherches réalisées, des objectifs globaux poursuivis ainsi que des compétences qui y sont associées est assez limitée. A l'échelle du chercheur, des copies des publications réalisées sont certes disponibles, mais peu de documents sont publiés par les laboratoires décrivant globalement leur stratégie de recherche. La visibilité des recherches est de plus très faible sur internet.

C'est de l'État que vient aujourd'hui l'impulsion vigoureuse :

- De nouvelles institutions ont été créées dans le domaine des sciences appliquées (écoles, FST) ;
- Des investissements conséquents y ont été réalisés, et des dotations d'équipement accordées à toutes les universités ;
- Des unités nationales d'appui à la recherche sont en projet avancé, plateformes d'équipement lourd partagé, ou de mise à disposition de documentation et d'internet à haut débit ;
- Des Programmes nationaux d'appui à la recherche, au terme d'appels d'offre, financent des projets de toutes disciplines³ ;
- Des Réseaux sont financés pour regrouper masse critique et spectre de compétences. La Mécanique en bénéficie : le Réseau (RUMEC) a été créé à l'initiative d'une équipe de Casablanca, et rassemble des groupes de tout le pays. Un équipement significatif lui est promis. Les axes de recherche adoptés sont pertinents⁴ ;
- D'autres initiatives sont attendues, qui devraient lever d'autres contraintes pesant sur les chercheurs.

Parmi les principaux dispositifs espérés figure celui de l'Évaluation :

- Certains des enseignants chercheurs fondent de réels espoirs sur la réforme récente de l'enseignement universitaire, et notamment l'existence d'une grille d'évaluation dans laquelle les activités de recherche seraient effectivement prises en compte.
- Quelques-uns trouvent que la réforme ne va pas assez loin⁵. D'autres en acceptent le bien fondé mais arguent qu'au moins de manière transitoire, il s'agit de tenir compte du manque de moyens auquel les enseignants

3. La Mécanique *au sens large* y est présente assez discrètement : les principaux projets présentés (et pour certains retenus) relevant de la Mécanique des fluides et de l'application de méthodes numériques ou analytiques à la résolution de problèmes de mécanique assez fondamentaux.

4. Modélisation, calculs et logiciels en mécanique ; élaboration et caractérisation de matériaux et des technologies de construction ; techniques de mesure, de contrôle et d'essais et expérimentations. L'initiative gagnerait à placer les achats de matériel lourd dans un contexte directement lié aux besoins de partenaires locaux. La possibilité de la maintenance paraît en effet liée à la capacité de passer des contrats avec des *industriels*. Encore faudrait il les identifier au préalable, et ne pas développer de compétences peu attractives.

5. « Elle ne permet que de gagner quelques années par rapport à un collègue qui aurait décidé de ne pas investir du tout dans la recherche ».

chercheurs ont été et continuent à être confrontés. D'autres enfin soulèvent un vrai problème de critères : celui des publications n'est peut-être pas le plus adapté, ni le seul, dans un domaine comme celui du Génie mécanique : la réalisation d'un prototype ou d'un système mécanique utile à un partenaire industriel fait parfois difficilement l'objet de publications.

Il est certain que la mise en place d'un système d'évaluation, tenant bon compte de la recherche effectuée, et de la valorisation des travaux créerait une nouvelle motivation des chercheurs et influencerait utilement sur leur « vouloir ».

On peut imaginer dans le même sens une évaluation des établissements.

3.3. Résultats

Le système produit un nombre respectable de publications dans de bonnes revues.

Il produit également des *thèses* de qualité. La compétence des docteurs formés est très respectable.

Ces produits correspondent aux objectifs que les acteurs (chercheurs, responsables de laboratoires et d'établissements) se sont pour l'essentiel fixés.

Il y a donc une **bonne CONFORMITÉ** entre le « Voulu » et le « Réalisé ».

Par contre, on doit noter que :

- Il n'y a apparemment pas en Mécanique d'insertion professionnelle des docteurs dans le tissu industriel marocain. La valorisation de la thèse de doctorat ou du DESA n'est effective que dans l'enseignement supérieur lui-même⁶.
- Beaucoup des représentants universitaires rencontrés ont une perception superficielle et généralement négative d'un tissu industriel marocain qu'ils connaissent peu.
- Peu d'équipes et d'établissements ont une démarche systématique d'offre de services, de formations spécialisées et de prestations contractuelles (R & D) aux entreprises de leur environnement. Très peu de prototypes, de bans d'essais utilisés par l'industrie, de systèmes mécaniques ou de modélisations opératoires nous ont été montrés.

Le problème reste posé de la **SATISFACTION** des bénéficiaires.

4. L'extérieur du domaine (*les bénéficiaires et leur satisfaction*)

Les notations suivantes résultent d'entretiens conduits avec un échantillon, certes limité, d'industriels marocains⁷.

6. Comme il s'agit de filières actuellement saturées, les établissements font état de leur *difficulté à recruter des doctorants*.

7. L'échantillon est aussi biaisé, car il s'agit de grands industriels, plutôt bien disposés à l'égard de la R & D.

Leur avis est révélateur du *manque de communication* existant entre l'université et l'entreprise marocaine. Il peut être résumé de la façon suivante :

4.1. Perceptions de la recherche

- Nombre de professeurs d'université paraissent aux industriels principalement préoccupés par leurs propres publications.
- Les chercheurs sont *compétents* sur le plan fondamental,
- mais ils font difficilement le pas vers les phases de développement et d'application de leurs recherches.
- D'autre part, les compétences développées dans l'université ne répondent pas toujours aux besoins des milieux industriels.

4.2. Attentes à l'égard de l'université

- Les industriels n'expriment pas suffisamment clairement leurs besoins, mais aussi :
- Les compétences des chercheurs universitaires ont peu de *visibilité*.
- Rares sont les chercheurs pro actifs qui viennent présenter leur savoir faire mais aussi
- Leur réponse reste très discrète lorsque des entreprises les contactent, pour situer leur domaine de compétences par rapport à des besoins⁸.

Enfin, l'opinion vaut que :

- Les recherches universitaires devraient être organisées comme le sont les projets industriels, avec des objectifs explicitement formulés, un timing pré-établi, un état d'avancement régulier et un suivi visant à préciser dans quelle mesure les objectifs de la recherche ont été atteints.

5. Conclusions et propositions

5.1. Caractéristiques de la recherche en Mécanique et Génie mécanique

Au-delà des efforts perceptibles du gouvernement marocain pour structurer et organiser la recherche, la recherche marocaine en Mécanique dispose de deux réels atouts :

- la bonne valeur scientifique de certains chercheurs et la qualité de leurs publications, principalement dans des recherches à caractère fondamental ;
- la motivation et le dynamisme de certains chercheurs, prêts à réorienter leurs activités de recherche dans des domaines plus directement liés aux activités de l'industrie marocaine.

8. Le cas est rare, mais le CERPHOS l'a fait, par mail, avec un succès mitigé. Il se demande s'il a rencontré un manque de curiosité des chercheurs universitaires, ou une certaine réticence à sortir du milieu académique. Il faut toutefois remarquer que l'habitude est de nouer des relations au travers de contacts *personnels*.

Plusieurs autres aspects se révèlent cependant moins favorables et sont, en grande partie, probablement imputables au manque de moyens auquel il a fallu faire face. La recherche en Mécanique et génie mécanique :

- s'appuie sur des thématiques *importées* à partir de laboratoires étrangers, ce qui se traduit par une mosaïque de recherches, très morcelées y compris dans une même institution ;
- s'avère fortement déconnectée par rapport au *tissu industriel local* : les contacts avec les entreprises sont très limités, y compris dans le cadre de formations spécialisées proposées aux entreprises, qui sont assez rares dans le domaine de la mécanique ;
- découle d'une démarche personnelle des chercheurs, dans la mesure où jusqu'ici elle a été peu *structurée institutionnellement* ;
- ne peut s'appuyer sur des équipements lourds ou onéreux, ce qui a pour corollaire de privilégier les *approches académiques* appliquées à des sujets fondamentaux ;
- a très *peu de visibilité*, principalement sur le plan des compétences et des services qui pourraient intéresser les milieux industriels⁹.

5.2. Sept suggestions pour une amélioration

Sur la base des informations recueillies durant cette mission, les sept suggestions suivantes peuvent être proposées. Elles sont classées par ordre d'importance.

- *Réaliser un diagnostic stratégique des besoins du tissu industriel marocain*¹⁰, et divulguer les résultats de ce diagnostic. Il paraît indispensable d'informer en particulier les universitaires. Sur la base d'un inventaire des besoins industriels, pourrait s'amorcer une véritable *stratégie concertée*.
- Inclure l'aspect *valorisation* et tenir compte effectivement de cet aspect comme *critère incontournable d'évaluation* des chercheurs, des projets de recherche et des réseaux.
- Améliorer *la visibilité* de la recherche. Les compétences caractéristiques d'un établissement, les services qu'il peut offrir et les objectifs de recherche qu'il poursuit devraient faire l'objet d'un descriptif à jour, disponible sous forme de plaquettes et sur le réseau.
- *Structurer* la recherche au sein des universités. Tant que la définition de ce qu'on entend par *laboratoires* ou équipes de recherche n'est pas officielle, ces termes peuvent couvrir des réalités très différentes quant à l'envergure des recherches réalisées.

9. La visibilité sur internet est jusqu'à présent à peine ébauchée.

10. Voir la même préoccupation dans le Rapport sur la Physique.

- Accroître l'impact des activités de recherche sur la *promotion* académique. Il faut que cette incitation soit significative, pour changer les mentalités et re-motiver les chercheurs actifs.

En outre, on peut recommander :

- d'assurer un *suivi* des investissements réalisés pour accentuer la responsabilisation des chercheurs vis-à-vis des fonds dont ils disposent. Ce meilleur suivi devrait aller avec une diminution des lourdeurs administratives, contrôles *a priori*, et retards d'attribution une fois le projet et son budget acceptés ;
- une visibilité des équipements et leur meilleure disponibilité seraient probablement améliorées par une *gestion collective des équipements*, et leur intégration dans des pôles interuniversitaires ;
- de susciter et financer des rencontres thématiques de chercheurs, dans le cadre de choix stratégiques opérés au niveau gouvernemental.

CHAPITRE 17

Énergie

EXPERT YVES FARGE

Le rapport s'intéresse d'abord à la problématique marocaine de l'énergie, susceptible d'orienter les recherches.

Il traite ensuite de deux compartiments : les énergies renouvelables, et le nucléaire.

Les travaux hydrauliques et l'hydrologie sont abordés dans un autre rapport (« Eau »)¹

1. Problématique de l'énergie au Maroc

- Le Maroc n'a pas de ressources d'énergies fossiles ; il importe environ 97 % de ses besoins énergétiques.
- La demande d'énergie va continuer à croître de façon significative (croissance démographique, économique, élévation du niveau de vie). Les prévisions sont les suivantes : 9,8 MTEP en 2000 et 15 MTEP en 2011.
- Dans mes entretiens, je n'ai pas été informé d'une *politique* énergétique clairement exprimée au niveau national : quelle combinaison de sources d'énergie aujourd'hui, quelle évolution dans les dix années à venir, rôles relatifs des énergies fossiles, d'un appel éventuel à l'énergie nucléaire, des énergies renouvelables ? À l'intérieur des énergies fossiles, quelles sont les parts du charbon, du pétrole et du gaz et les évolutions souhaitables ?
- Cette politique existe sans aucun doute au niveau du ministère concerné ; elle ne m'a pas semblée connue de mes interlocuteurs. Par contre, dans l'entretien avec des responsables de recherche des secteurs concernés, un certain nombre de *besoins* marocains ont été évoqués, concernant par exemple la filière du froid et de la conservation pour la petite agriculture à haute valeur ajoutée, ou pour la pêche artisanale et le tourisme local.

2. Le secteur des énergies renouvelables

2.1. Cadrage

Il existe *un plan stratégique* élaboré à Rabat par le CDER (Centre de développement des énergies renouvelables). Il est tout à fait crédible, même si les objectifs peuvent paraître très ambitieux. En particulier, il prend bien en compte le

1. Les recherches sur les combustibles (charbon, pétrole-gaz) sont évoquées en Sciences de la Terre.

contexte énergétique, les objectifs globaux, les objectifs spécifiques et surtout le *plan opératoire* y compris dans le domaine réglementaire et des subventions pour lancer des filières comme le solaire thermique.

Sa déclinaison *en termes de R & D* est plus problématique pour une raison simple : la plupart des technologies de base nécessaires sont disponibles sur le marché et la problématique technique est bien davantage du côté des industriels et de l'assemblage de technologies existantes que du côté de la recherche de base.

Dans une logique de partenariat, un rôle accru du CDER dans le domaine de la certification, des normes, de la formation et de la communication paraît tout à fait raisonnable.

Le bras séculier du CDER, son laboratoire à Marrakech, devrait s'orienter de façon significative à la lumière des priorités définies.

Il me paraît simplement que la partie *économie d'énergie* mériterait d'être beaucoup plus étoffée. Il serait intéressant de faire un travail du même type que celui réalisé sur la production d'énergie, concernant les différents gisements d'économie d'énergie : industrie manufacturière, transports, air conditionné, etc.

2.2. La recherche universitaire

Après visite de 6 grandes villes universitaires (dont les établissements sont supposés les plus actifs dans le domaine), les commentaires que l'on peut faire sont les suivants :

Les équipes sont toujours très petites et prétendent parfois couvrir tous les sujets : elles sont donc sous-critiques sur chacun d'eux².

Le choix de sujets :

- les travaux sont très focalisés sur l'énergie solaire et le photovoltaïque à base de silicium. Ce thème de recherche n'est peut être *pas très adapté* au Maroc pour les raisons suivantes :
 - ce même sujet est traité dans de nombreux laboratoires mondiaux disposant de moyens très lourds et l'on ne voit pas comment de toutes petites équipes universitaires pourraient émerger dans ce domaine très fondamental,
 - le photo capteur représente une très faible partie de la valeur ajoutée d'un dispositif de production d'électricité photovoltaïque et donc, mettre tous les efforts sur cette partie n'est pas optimum du point de vue socio-économique. Il importe en effet, dans les dispositifs de production d'énergie, que le maximum de valeur ajoutée se fasse dans le pays ;

2. Il serait bon d'avoir un indicateur de « réalité » des thèmes de recherche annoncés. Certains sujets, mentionnés dans les objectifs du département, ne semblent faire l'objet d'aucun travail réel.

- de même, l'amélioration des batteries, la filière hydrogène ou le moteur Stirling peuvent difficilement apparaître comme des priorités ;
- d'autres sujets sont abordés, à propos desquels il serait intéressant d'avoir une *vision bibliographique* d'ensemble sur leurs perspectives potentielles³ ;
- faute d'espace pour du travail expérimental, certaines équipes font du travail théorique. Elles ont une bonne capacité d'analyse et de propositions. Elles pourraient avoir pour rôle d'aider le Centre de développement des énergies renouvelables à mieux classer les sujets prioritaires.

À mon sens, le plus grand intérêt s'attache aux thèmes suivants :

- l'énergie éolienne car le Maroc dispose d'un excellent gisement avec des coûts d'investissement et d'exploitation qui deviennent raisonnables ;
- le dessalement de l'eau de mer, compte tenu des problèmes hydriques du pays ;
- le chauffage solaire de l'eau ;
- des solutions originales et économiques de stockage d'énergie.

De façon générale, **des sujets plus proches des besoins socio-économiques du Maroc pourraient être développés** ; comme par exemple ce qui tourne autour du froid, de la climatisation et de la thermique des bâtiments. La demande de climatisation avec le développement économique du pays va croître rapidement. Des travaux de recherche importants pourraient être menés sur la climatisation naturelle des bâtiments avec les compétences de thermique et de mécanique des fluides qui existent dans les universités et en liaison avec des grandes sociétés d'architectes et de construction.

2.3. Conclusions et recommandations

- La problématique des énergies renouvelables doit se placer dans une politique énergétique globale.
- Il importe de définir des priorités dans le domaine des énergies renouvelables en partant des besoins et des ressources du pays, en évitant de mettre des efforts trop importants sur des technologies de base largement développées dans d'autres pays, en cherchant à mettre en place des *filiales* industrielles et de services qui permettent de développer un maximum de valeur ajoutée dans le pays.
- L'effort sur les économies d'énergie paraît tout à fait insuffisant. Il faudrait un bilan des gisements d'économies et un plan d'action pour exploiter ces gisements.
- Des crédits incitatifs, nationaux⁴ ou européens, devraient être dégagés pour réorienter le travail des universitaires sur ces nouvelles priorités.

3. Comme la production d'hydrogène par photo catalyse de l'eau avec de l'oxyde de titane.

4. Ministères de la Recherche, de l'Énergie, de l'Industrie...

3. Le secteur du nucléaire

3.1. Les incertitudes concernant un appel à l'énergie nucléaire

Il y a aujourd'hui une forte incertitude concernant le choix du nucléaire et l'horizon de son utilisation. Cette incertitude est pénalisante dans le milieu où il faut quinze ans et plus pour réaliser un programme nucléaire⁵.

L'installation prévue d'un petit réacteur de deux mégawatts dans le nouveau centre de Maâmora devait, en partie, constituer un moyen de former des compétences pour un futur programme nucléaire.

3.2. Le CNESTEN (Centre national de l'énergie, des sciences et des techniques nucléaires)

Il existe déjà toutefois un Institut national de « mission », dévolu aux questions nucléaires.

Les missions de l'organisme sont les suivantes :

- promotion de l'énergie, des sciences et techniques nucléaires ;
- conseil de l'État en matière de choix technologiques et de sûreté nucléaire ;
- gestion du combustible et des déchets ;
- opérateur à l'image d'un entrepreneur privé dans le domaine du nucléaire.

Une des missions du centre concerne des recherches sur l'énergie et les sciences et techniques nucléaires en vue de la mise en œuvre d'un programme électro-nucléaire national. Cette activité doit se faire avec l'Office national de l'électricité. Devant les incertitudes actuelles, le centre limite son activité sur ce plan à une *veille technologique*, au moyen de collaborations avec le commissariat à l'énergie atomique français.

Les travaux présents du CNESTEN peuvent se classer dans les trois familles suivantes : l'électronucléaire, la santé, et l'industrie-environnement. Ils incluent une part de R & D, fort bien réalisée. Le CNESTEN commercialise avec succès un certain nombre de ses produits.

Le Centre a été récemment réinstallé et bien équipé, dans des bâtiments très bien conçus pour ses missions qui se situent à la Maâmora (à mi-chemin entre Kenitra et Rabat). De taille modeste (un peu plus de 200 personnes), il occupe un nombre significatif de jeunes ingénieurs et de chercheurs, inventifs et dynamiques, mais très mal payés au regard des universitaires.

3.3. La recherche universitaire

La qualité de la recherche universitaire a été aussi appréciée dans le cadre du rapport sur la Physique, dont les conclusions peuvent être ici entièrement reprises :

5. D'ailleurs, à peu près nécessairement, en coopération avec des industriels connaissant bien le sujet.

« **Physique nucléaire** : les chercheurs rencontrés ont tous une bonne formation. Ils ont pris rapidement conscience que les moyens très lourds pour la recherche ne pouvaient être développés dans le pays et ils ont élaboré une politique très pertinente de liaisons fortes avec l'étranger. Ils s'occupent de mettre au point des méthodes d'analyses beaucoup moins chères, calibrées sur des outils lourds en France (par exemple, la détection de particules alpha par leurs traces dans des feuilles de polymère); et d'appliquer ces méthodes robustes et simples à des problèmes de recherche (sciences de la terre : par exemple, la circulation souterraine des eaux de l'Atlas) ou à des questions socio-économiques (comme le remplissage des barrages par les alluvions). Par ailleurs, les équipes, un peu trop dispersées néanmoins, ont accès aux outils du CNESTEN, ce qui est essentiel. Comme mentionné plus haut, il importe de décider rapidement de la construction d'un petit réacteur au CNESTEN, qui permettra à ces équipes de travailler encore plus efficacement ».

3.4. Recommandations

La première recommandation est de procéder à **une étude plus fouillée des tenants et aboutissants de la construction d'une ou de plusieurs centrales nucléaires au Maroc** : il s'agit de prendre en compte la demande d'énergie, les coûts, le combustible, le traitement des déchets. L'étude nécessite la collaboration avec des industriels compétents; et avec l'Agence internationale de Vienne (pour les questions de sécurité). On n'omettra pas une étude d'acceptabilité sociale. Cette étude plus fouillée devrait permettre de préciser la politique du Maroc en la matière.

On peut par ailleurs souhaiter :

- **une participation active à des travaux sur les réacteurs de fission du futur.** Ce pourrait être un objectif de participation à des programmes Européens, concernant des réacteurs de puissance moyenne ou spécialisés (par exemple dans le dessalement de l'eau de mer);
- **une décision rapide pour le réacteur de deux mégawatts** qui permettrait de former des techniciens et des ingénieurs pour des réacteurs de production électrique⁶;
- **une solution acceptable au problème préoccupant de statut des chercheurs du CNESTEN.** Il ne faudrait pas perdre des compétences précieuses et rares pour le pays, du fait de rémunérations beaucoup trop peu attractives⁷.

6. Ce réacteur devrait par ailleurs servir à la production de radio-éléments pour les autres missions du centre; toutefois, ces radio-éléments sont disponibles sur le marché international.

7. Il faut tenir compte en plus de l'isolement du nouveau laboratoire qui va conduire à des frais de déplacement supplémentaires pour les personnels.

Sciences et technologies de l'information et de la communication

EXPERT JEAN-PIERRE TUBACH

Le rapport explique d'abord ce que sont les Technologies de l'Information et de la Communication. Il souligne leurs particularités (enjeux internationaux, association recherche et production). Il suggère quelques niches où le Maroc pourrait se positionner.

Le rapport présente ensuite les aspects essentiels de la recherche marocaine. Il en ressort que c'est un fief des écoles d'ingénieurs¹ : la recherche y est le plus concentrée, autour de quelques excellents chercheurs. Institutionnellement, ce sont ces établissements qui peuvent fournir le meilleur ancrage à une organisation nationale, indispensable, de la production technique et scientifique.

Le texte s'achève sur une classification des sujets de recherche, en cours ou envisagés, selon l'ampleur et le type de collaborations requis (avec l'international, ou/et avec l'industrie). Un plan stratégique (national ou des établissements) aurait à tenir compte de cette donnée.

1. Le domaine des STIC

1.1. Le domaine économique des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)

Le développement des Technologies de l'Information et de la Communication s'est effectué au cours de la deuxième moitié du ^{xx}e siècle. L'émergence de ce domaine *industriel et de recherche* est le fruit de la convergence des télécommunications et de l'informatique, englobant le secteur du multimédia.

Économiquement, les TIC ont donné naissance à un *secteur d'activité* de premier plan dans la plupart des pays économiquement développés. Les pays émergents sont également concernés. Depuis des décennies, le Brésil a misé sur l'essor de son informatique. Plus récemment la Chine et l'Inde ont développé d'importantes activités relevant des TIC. Des *pays « intermédiaires »* peuvent utilement tirer leur épingle du jeu (Corée, Singapour...).

1. Y compris écoles supérieures de technologie, le meilleur exemple étant celui de l'EST de Fès.

1.2. La recherche : les Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)

Les « ICT » (Information and Communication Technologies) constituent un exemple éclatant de domaine où *l'essor industriel et la recherche sont étroitement interdépendants*. Cette donnée est fortement reconnue par les états et régions soucieux de conserver leur avantage, ou de percer dans l'économie mondiale.

CONTENUS ET COMPÉTENCES POUR LA RECHERCHE EN STIC

Les STIC s'appuient au plan *fondamental* sur certaines branches des Mathématiques appliquées (combinatoire, théorie des graphes, théorie des automates...) et de la Physique (électromagnétisme, physique du solide, optique...). Elles ont ainsi développé des **disciplines**, ou domaines de compétence particuliers :

- celui des technologies qui les supportent (telles que l'optoélectronique, les hyper fréquences, l'électronique) ;
- celui du codage et du traitement du signal et de l'image ;
- celui de l'informatique et des réseaux.

La perspective de la Société de l'Information conduit en outre à inclure l'éclairage donné par la sociologie, l'économie, et plus généralement par les sciences humaines.

Ces compétences disciplinaires trouvent leur *application* dans un certain nombre de « systèmes », pouvant servir d'infrastructure pour de multiples services, et comportant des enjeux économiques importants :

- systèmes de *communication* de l'information, tels que les réseaux (fixes et mobiles, cœur et périphérie), les systèmes satellitaires et aérospatiaux ;
- systèmes de *traitement* de l'information, et de *contenus*, tels que l'Internet et le Web, les systèmes multimédia, les systèmes d'information pour les entreprises...

Les services développés à la suite visent à répondre aux besoins de toutes sortes de secteurs de la société :

- la santé et l'éducation, qui sont des domaines d'intérêt universel ;
- l'environnement et les ressources naturelles ;
- la culture, le patrimoine ;
- les transports, le commerce ; l'administration, la défense... (liste non limitative de secteurs d'application importants).

Enfin des aspects **transverses** (concernant à la fois les composants matériels, les protocoles de réseaux, les logiciels applicatifs...) constituent des enjeux importants : *la sécurité, la mobilité, les usages...*

QUELQUES CARACTÉRISTIQUES PARTICULIÈRES DE LA RECHERCHE EN STICS

Pluridisciplinarité

Le domaine des STIC est éminemment pluridisciplinaire. S'il n'a pas l'exclusivité de cette caractéristique, il est un de ceux où elle est essentielle.

Un lien particulier recherche-industrie

La communauté des acteurs STIC est « techno-scientifique ». Elle rassemble idéalement en un continuum chercheurs fondamentalistes, chercheurs appliqués et développeurs. Elle part de problèmes concrets, et elle est liée à de très vastes marchés. L'objectif est toujours d'accélérer l'intégration de découvertes dans des produits, c'est à dire de faire déboucher l'innovation sur le marché.

- La recherche a besoin de l'imagination industrielle et du questionnement de « clients » pour orienter ses voies.
- L'industrie a besoin d'un réservoir d'idées et de techniques nouvelles, disponible à chaque instant. Elle a besoin d'un **potentiel public de recherche** national, voire régional, avec qui elle entretient un contact régulier ².
- Le dispositif de recherche académique produit une main d'œuvre hautement qualifiée, fournit à l'État les experts indépendants dont il a besoin, et à l'industrie de *jeunes docteurs* (ou doctorants) qui sont *vecteurs de transfert* technologique.

Une coordination généralement opérée par l'État

Les positions de départ de l'université et de l'industrie sont culturellement différentes. Leur convergence spontanée serait un processus trop lent. L'État joue toujours un rôle indispensable d'incitation et de soutien, au travers de mécanismes variables (instituts, pôles d'excellence, réseaux... ; programmes américains, NSF et DARPA ; européens, Information Society Technologies).

1.3. Quelques orientations paraissant favorables dans le contexte marocain

Il est dangereux de s'en tenir au simple usage des TICS. Non seulement on y perd en souveraineté, mais on s'expose aux pertes d'emplois que produit l'efficacité accrue dans les tâches routinières de fabrication et d'administration ; et ce, *sans bénéficier des créations d'emplois à forte valeur ajoutée, et des emplois induits*, qu'engendrent par ailleurs ces technologies.

Le Maroc a donc des raisons stratégiques de renforcer et de valoriser ses compétences en STIC. Reste à déterminer les créneaux pertinents où il peut orienter ses recherches, avec des chances de succès non seulement scientifique mais appliqué.

2. C'est ce contact direct qui lui permet d'accéder à des idées nouvelles *avant* qu'elles soient publiées et diffusées internationalement.

Parmi les niches qui semblent ouvertes au Maroc, on peut citer le *Traitement de la Langue Arabe* : il s'agit de la rendre utilisable facilement dans le cadre de l'interaction homme-machine et du multimédia (qu'il s'agisse de jeux ou d'applications professionnelles, téléenseignement par exemple). Cela passe par les techniques de reconnaissance et synthèse de la parole, par l'analyse et la compréhension de la langue naturelle (écrite et parlée) ; et aussi plus simplement par la conception et la création de contenus arabophones (ludiques, didactiques, etc.). Le Maroc a des équipes capables, et peut constituer un des acteurs importants pour ce grand marché international arabophone³.

Par ailleurs, chaque pays a des secteurs applicatifs particulièrement stratégiques pour sa situation, qui peuvent bénéficier d'une utilisation judicieuse des TIC. Au Maroc, la *gestion des ressources naturelles, de l'eau en particulier*, nous paraît en fournir un beau cas ; et des personnes compétentes existent d'ores et déjà.

Au delà de ces deux exemples, nous esquisserons plus loin une *classification de différents thèmes* de recherche usuels, suivant les collaborations requises (internationales, industrielles).

2. La situation de la recherche en STIC au Maroc

2.1. Faible reconnaissance de la Recherche

L'expert se réjouit d'avoir rencontré « un nombre certes limité mais bien réel de personnes *très dynamiques et qualifiées*, qui sont les moteurs de la recherche, et qui ont souvent créé des équipes valables autour d'elles ».

Mais il s'inquiète :

- *de la grande dispersion des sujets, et du peu d'efforts pour en organiser, penser et au moins afficher la concentration, et la coordination ;*
- *du peu de soutien dont disposent les chercheurs, même réputés, au plan national comme à celui de leur (chef d')établissement ;*
- *du manque de moyens et d'incitations.*

Il rapporte les principales insuffisances au manque de reconnaissance de la Recherche :

- *Elle est absente du « modèle social » du métier d'enseignant supérieur ;*
- *Elle n'est guère prise en compte dans la progression de carrière des professeurs ;*
- *Elle ne dispose pas de ligne budgétaire propre.*

3. Il existe des données (corpus linguistiques) sur lesquels elles peuvent s'appuyer. Des problèmes originaux de travail sur les multiples « dialectes » restent à réaliser (ils sont indispensables en cette langue, et peu développés ailleurs). La compétence marocaine, si elle sait allier le fondamental et l'appliqué, se concentrer, conjuguer ses forces et les amplifier par des coopérations au voisinage, devrait pouvoir se positionner sur ce vaste marché.

Pour ces raisons principales, la **motivation** pour la recherche, encore présente au moins a minima chez ceux qui, pour passer professeurs, travaillent à une Thèse, *s'éteint* vite chez la plupart une fois ce diplôme obtenu ⁴.

Plus en détails, l'expert note :

- **l'équipement** très insuffisant, notamment en matière d'ordinateurs ⁵ ;
- les moyens dérisoires attribués aux formations doctorales ;
- les difficultés de financement des indispensables *missions*, nationales ou internationales.

Il loue les initiatives de quelques établissements (INPT, EMI) pour abonder la recherche grâce à :

- Une part des bénéfices de la **formation continue** (excellente pratique)
- Des **contrats** (industriels, européens, programmes nationaux), gérés sur un *compte hors budget* ⁶.

La création d'un département d'État (*secrétariat d'État* puis *ministère délégué*), chargé de la Recherche scientifique, constitue le premier *signal très positif* pour une reconnaissance et un soutien accru. La loi « 01 00 » (loi de janvier 2000) pourrait résoudre certains problèmes :

- créer des *vice-doyens recherche* dans les établissements ;
- favoriser des promotions au mérite (résultats scientifiques *évalués*) ;
- resterait à *évaluer les laboratoires*, dans le cadre de Comités faisant intervenir des experts extérieurs à l'établissement. Cette évaluation devrait avoir une *influence sur l'attribution* du soutien de l'État.

Le rapport pointe enfin un manque de **lisibilité et de visibilité** de la fonction recherche, qui se traduit y compris dans l'absence générale de cartes de visite professionnelles, de plaquettes de laboratoire, ou de pages web des établissements mettant l'activité en évidence.

Faute de statut officiel (et de soutien de base), les **laboratoires ne sont tenus à aucun rapport**. C'est dommageable, parce que l'exercice assure visibilité. Il oblige en outre à se rapprocher des standards professionnels internationaux, à réfléchir sur les enjeux globaux, et à démontrer à la fois une *vision* stratégique, et un minimum de *coordination* des recherches.

4. Même si cela est difficile à reconnaître officiellement, la tentation d'une *activité personnelle, hors de l'université*, est dans ces conditions compréhensible, quoique regrettable pour la collectivité. Heureusement, la nature humaine est ainsi faite que, *chez certains*, le goût de la connaissance, de l'activité créatrice, est assez fort pour les amener à développer leur activité de recherche, si peu favorable que soit le contexte.

5. Nulle part n'a été rencontré d'**équipement « Calcul »** à hauteur des besoins et des capacités des bons chercheurs.

6. À ce sujet, l'expert recommande la création dans tous les établissements d'une « *cellule contrats* », chargée de démarcher, d'informer les enseignants des opportunités et de les assister dans la rédaction de leurs propositions, de gérer les contrats obtenus *au plus près* du besoin des projets.

2.2. Problèmes d'émiettement et de masse critique.

Une deuxième grande préoccupation tient à ce que le champ d'activité des équipes/personnes constitue une mosaïque, qui n'est guère organisée, structurée, convergente. Cela mène à une recherche où :

- la pluridisciplinarité est faible ;
- *l'approche « système »* fait défaut ; alors que cette approche est féconde pour l'identification des verrous technologiques les plus importants, et donc pour le *meilleur positionnement* des recherches dans chaque domaine ;
- on peut rattacher à l'absence de cette problématique « système » le fait que la recherche porte quasi *exclusivement sur des sujets technologiques* (qu'il s'agisse de matériel ou de logiciel), et fait peu de place *aux services*, et encore moins *aux usages* de ces services. Or, une recherche appliquée « inspirée, tirée par les usages » est, particulièrement dans la période actuelle de crise du secteur, mieux à même de justifier ses choix thématiques.

Tout cela est assez « naturel » dans un contexte où l'activité de recherche est basée largement sur le volontariat, et peu encadrée. Plus de convergence, pour plus de pertinence nécessiterait :

- une autorité institutionnelle des responsables de groupes – au-delà de leur « ascendant » personnel. C'est la question du *statut des laboratoires, et de leurs directeurs* ;
- la concentration dans un même lieu (éventuellement mais moins efficacement dans un même « réseau ») de nombreuses compétences mises en coopération⁷ ;
- une réflexion stratégique de la communauté de recherche elle-même, pour identifier ses meilleures chances de positionnement. L'État peut y aider, en la suscitant et en la soutenant par des appels d'offre bien placés ;
- des *relations avec l'industrie* plus intenses. De part et d'autre, la réflexion sur les synergies possibles n'a pas été menée. C'est encore à l'État de l'encourager de façon volontariste, pour amener à l'indispensable évolution culturelle de part et d'autre.

Il convient de souligner que des actions initiées et financées par l'État jouent déjà un rôle important dans le soutien et la coordination de la recherche universitaire (PROTARS, Pôles de compétence, actions intégrées de coopération avec des pays européens : France, Espagne).

7. L'EMI et l'INPT nous ont paru, séparément ou mieux encore ensemble, être les seuls endroits visités où cela pourrait être possible. Traditionnellement, les coopérations entre laboratoires d'institutions différentes sont rares ; des programmes nationaux et internationaux contribuent maintenant à remédier à cette situation. Mais la constitution de *masses critiques* effectivement coordonnées est une tâche de longue haleine, plus difficile d'ailleurs « en réseau » que dans une même institution.

Il faut ajouter deux remarques :

- Le bon choix de priorités (projets fédérateurs) dépend d'une réflexion « système » préalable.
- Pour un développement équilibré et durable, il est indispensable de combiner *appels d'offre* (soutenant la recherche appliquée et sa coordination) *et soutien de base* aux laboratoires (développant l'assise de la recherche, et sa partie théorique).

2.3. Notes complémentaires

RÉSEAU MARWAN

En matière de soutien de l'État, le réseau Marwan (destiné à relier à haut débit les établissements de recherche entre eux et à l'international) offre une infrastructure précieuse. C'est un outil majeur de travail et de visibilité pour les laboratoires. Son achèvement, sa montée en performances et sa fiabilisation constituent **une priorité**.

UFR ET DOCTORANTS

Le financement accordé aux écoles doctorales (UFR) est malheureusement très modeste.

Les étudiants ne sont pas rémunérés, ce qui est très défavorable au recrutement. Dans un domaine où l'attrait de l'emploi industriel immédiat est important, il nous paraît judicieux de créer un fonds national de *bourses* pour de bons étudiants de DESA, DESS et doctorat, y compris des ingénieurs diplômés.

3. Conclusions et recommandations

Le Maroc a le privilège de posséder un corps professoral nombreux et de qualité. Si tous ne sont pas actuellement engagés dans une activité de recherche, nous avons constaté que, dans le domaine étudié, un nombre non négligeable d'enseignants-chercheurs possédant une bonne formation, compétents, motivés, bien informés sont très actifs, et constituent un « noyau dur » sur lequel il faut s'appuyer pour construire une recherche plus forte.

Même si d'autres sciences et techniques peuvent légitimement faire valoir leur importance majeure vis-à-vis des besoins prioritaires du pays, une réflexion stratégique peut montrer que le secteur des technologies de l'information et de la communication constitue lui aussi une priorité, dans la mesure où :

- il fournit les outils maintenant indispensables au développement des autres domaines ;
- il comporte des enjeux industriels majeurs, et des possibilités de valorisation importantes ;
- à terme, il doit placer le pays en bonne position dans l'émergence de la société de l'information.

Un rôle de leader et de conseiller vis-à-vis des pays subsahariens francophones peut être joué sans difficulté, ainsi que dans le Maghreb (sans doute dans un partenariat à composante Tunisienne). Une collaboration accrue avec l'Europe constitue une autre opportunité majeure, qui doit être saisie, sans tomber dans le *piège de la sous-traitance*.

Synthétisant nos observations, nous avons pensé utile de formuler quelques recommandations.

Le soutien aux UFR, le développement du réseau Marwan et l'amorçage d'un dialogue entre l'industrie l'État et la communauté scientifique ont déjà fait l'objet de recommandations spécifiques. Le reste de nos propositions concerne *l'organisation générale de la recherche*, et tient en une seule recommandation.

Pour créer les conditions du développement de la recherche, il faut s'attaquer aux deux enjeux que sont, pour l'essentiel :

- l'affichage de la **reconnaissance de l'activité de recherche**, comme légitime et indispensable pour le corps professoral, et un élément important de son évaluation⁸ ;
- une augmentation significative du soutien financier public à cette activité (soutien de base aux laboratoires, et soutien ciblé à projets).

Cela aura pour effet de (re)créer la **motivation de nombreux acteurs**.

Pour guider le choix des sujets

Pour guider le choix des sujets, il nous a paru souhaitable d'esquisser une typologie des thèmes de recherche actuels ou à développer dans les STIC, en :

- *thèmes pouvant être traités principalement dans les établissements académiques nationaux* ;
- *thèmes du même type nécessitant des collaborations internationales* ;
- *thèmes qui ne sont significatifs qu'en collaboration industrielle*.

Cette esquisse ne prétend pas à l'exhaustivité. Elle est à réexaminer sans cesse à la lumière des spécificités et priorités nationales.

THÈMES POUVANT ÊTRE TRAITÉS PRINCIPALEMENT DANS LES ÉTABLISSEMENTS ACADÉMIQUES NATIONAUX (permettant, avec des moyens modérés, l'application des compétences scientifiques de base dans des projets finalisés)

- Propagation hertzienne, antennes.

8. Précision : L'évaluation des enseignants – chercheurs devrait impliquer des experts extérieurs à leur institution. Elle doit faire intervenir les aspects de recherche, *avec un impact* sur la promotion de ces personnels. Il est aussi indispensable d'instituer une évaluation des équipes de recherche, faisant intervenir des experts extérieurs à leur établissement. Cette évaluation devra avoir *une influence sur la répartition* du soutien de l'État à la recherche.

- Traitement du signal pour les communications, et communications numériques.
- Traitement d'images fixes et animées.
- Traitement de signaux audio.
- Intelligence artificielle.
- Interaction homme-machine.
- En particulier : traitement de la langue naturelle, écrite et parlée, prenant en compte la langue arabe, en vue du marché arabophone du multimédia.
- Indexation de documents multimédia.

THÈMES DU MÊME TYPE NÉCESSITANT DES COLLABORATIONS

INTERNATIONALES (afin de favoriser la contribution auprès des organismes, formels et moins formels, de normalisation : IETF, MPEG et bien d'autres)

- Codage d'image, de vidéo, d'audio.
- Protocoles de réseaux (fixes et mobiles), qualité de service (QoS), sécurité...
- Génie logiciel.
- Systèmes distribués.
- Bases de données.
- Systèmes d'exploitation.
- Langages, compilation.
- Systèmes d'information.

THÈMES QUI NE SONT SIGNIFICATIFS QU'EN COLLABORATION INDUSTRIELLE (en raison de leur coût plus élevé et de leur dimension technologique)

- Optoélectronique
- Hyperfréquences (pour la fabrication et le test de circuits intégrés micro ondes),
- Électronique, conception de circuits (pour la fabrication et le test de circuits intégrés spécifiques)
- Architectures de machines
- Adéquation algorithme – architecture, co-conception matériel-logiciel

Nous indiquons de plus que *les méthodes de modélisation et de simulation*, et leur application à divers domaines pertinents (gestion des ressources naturelles par exemple) constituent un domaine d'excellence d'équipes universitaires marocaines, qui se heurtent au manque de *puissance de calcul* (il n'existe pas de gros ordinateurs dans les institutions, ni de centre de calcul inter universitaire).

QUATRIÈME PARTIE

Synthèse et suites

Synthèse de l'évaluation

ROLAND WAAST

L'évaluation du « système national de recherche » a été voulue par le ministère marocain chargé de la Recherche, et soutenue par la Commission européenne. Je rends compte ici de sa méthode et des principaux résultats.

L'opération a été organisée par une équipe de recherche spécialisée¹. Par volonté du ministère, l'évaluation était délibérément *externe*. L'exercice était limité aux sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur : soit à l'ensemble des disciplines, hors sciences humaines et sociales².

Au cœur du processus a été mise la visite *in situ* de nombreux laboratoires marocains par une vingtaine d'experts européens. Cette phase a été préparée par l'élaboration soignée d'un état des lieux. L'action a duré un an et demi. Elle s'est déroulée en 2002 et 2003, et s'est achevée par un « Atelier » de restitution de grande ampleur³.

J'expose à la suite brièvement les outils et résultats de l'état des lieux. Je présente ensuite le diagnostic des experts.

1. Méthode

La méthode suivie a divisé l'action en trois étapes : la construction de l'état des lieux, l'évaluation proprement dite (visites d'experts dans les laboratoires), et la restitution (Atelier grand public).

La première phase (état des lieux) visait à créer une information originale, fiable et détaillée, qui vaille *portrait durable de la recherche marocaine*.

Elle a reposé sur trois outils :

- a) un cadrage *historique* des institutions de sciences marocaines ;
- b) une *analyse bibliométrique* de la production scientifique marocaine, publiée dans les 6 000 principales revues mondiales au cours des 10 dernières années ;

1. « *Science, Technologie et Société* », appartenant à l'Unité de recherches « Savoirs et développement » de l'Institut de recherches pour le développement (IRD), France.

2. Celles-ci feront plus tard l'objet d'un exercice d'évaluation, au vu des résultats de celui-ci présenté.

3. La préparation a requis près d'une année. Les visites d'experts se sont étalées sur six mois. La construction de l'Atelier de restitution (avec ses documents de base) a nécessité un trimestre de travail. Cette *durée* conditionne non seulement la qualité des travaux, mais l'intéressement et la mobilisation des milieux concernés.

c) un *questionnaire*, adressé par mail à trois quarts environ des laboratoires marocains. Il portait sur les ressources des unités de base ; et sur leur perception des difficultés et des contraintes à lever.

L'évaluation proprement dite a été réalisée par une vingtaine d'experts européens choisis pour leur compétence (académique et appliquée), leur expérience (gestion, animation, évaluation), et le fait qu'ils n'étaient en rien partie prenante de coopérations en cours avec le Maroc. Chacun de ces experts a remis un rapport sur son domaine, dont il a défendu le contenu en réunion publique.

Il était entendu que les résultats des travaux seraient communiqués et débattus lors d'un *Atelier national* de la recherche marocaine. Le Ministère, qui en a été l'organisateur, a voulu que l'assemblée soit ample et la discussion large. L'Atelier a impliqué les différents intéressés (tutelles, producteurs et utilisateurs). Les rapports d'experts, disponibles en version intégrale et défendus par leurs auteurs, ont servi de base à deux jours de débats vifs et nourris. Cette documentation, plus tard rassemblée par le ministère en trois forts volumes⁴, constitue un référentiel robuste : il inspire jusqu'aujourd'hui l'analyse et l'action.

2. L'état des lieux

Au risque de quelques redites avec de précédents chapitres, je reviens sur les outils d'état des lieux, leur principe et leurs principaux résultats.

2.1. Le cadrage historique et institutionnel

Le *cadrage institutionnel* comporte un inventaire raisonné des établissements qui abritent la recherche. Il indique leurs effectifs, décrit leurs missions, mesure leurs activités. Il précise l'évolution de ces paramètres au cours de la dernière décennie. Au niveau national, il analyse les budgets de la recherche, fait le point sur la législation, décrit les instances directrices et les priorités affichées.

C'est la *mise en perspective historique* qui donne à l'exposé son relief.

On retiendra les points suivants :

- C'est en créant, en 1998, un secrétariat d'État à la Recherche, que le Maroc a voulu se doter aussi d'une politique en la matière.
- Précédemment, la recherche s'est pourtant développée « spontanément », en des lieux et pour des motifs distincts :
 - à l'université tout d'abord où, pour franchir les grades, un enseignant doit exciper de thèses successives⁵. Cette réglementation de la profession porte grand effet à partir des années 1980, avec la massification de l'université et l'entrée dans la carrière d'importantes cohortes d'enseignants ;

4. Voir ministère délégué à la Recherche, *Atelier national sur l'évaluation du système de la recherche scientifique dans les domaines des sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur*, Rabat, 26-27 mai 2003, *rapport d'évaluation*, 3 volumes, MESFCRS.

- hors université, certaines écoles de « Formation des cadres » ont fait label de leur capacité en recherche appliquée. Ces établissements, créés sous leur tutelle par divers ministères, ont pour raison la carence du syllabus universitaire dans certains domaines techniques. Ils sont sélectifs, et très encadrés. Timidement apparus au début des années 1960, ils seront posés en modèle, et multipliés dans les années 1975-1980⁶;
- de longue date, avec des éclipses et des reprises, des agences de mission (avec vocation partielle aux études et recherches) fonctionnent sous le vocable de « Centres » ou « d'Instituts de recherche ». Ils emploient des personnels à plein temps, sous tutelle de ministères techniques. Ils opèrent dans des domaines où l'État juge sa responsabilité engagée (travaux publics, agriculture, mer, pêche, santé publique ; plus tard – post 1980 – : nucléaire, pétrole, démographie, forêts...);
- enfin, à partir de 1975, quelques industries ont développé leur centre de R & D (phosphates, ONA...); et depuis peu s'installent nombre de bureaux d'études.

- La recherche marocaine s'est donc construite de façon *composite*, et parfois inopinée. L'appareil de recherche comprend des établissements nés à des périodes diverses, sous des statuts et des tutelles variés, pour répondre à des préoccupations différentes et où la mission de recherche n'est souvent qu'auxiliaire.

La complexité des organigrammes reflète cette histoire. Celle-ci aide à comprendre les tensions internes au système (entre tutelles, entre corps parfois en querelle, entre personnels relevant de statuts inégaux ; entre postures épistémologiques et conceptions de ce qui est science qui vaille⁷). Elle découvre aussi la forte portée des récentes initiatives gouvernementales (dispositifs de coordination, appels d'offre nationaux, incitations au regroupement de chercheurs...).

5. Le recrutement et la promotion « au diplôme » font partie du statut enseignant, rénové en 1975 en même temps que s'envolent les effectifs. Il s'agit seulement de réguler la carrière. Il n'y a pas de thèmes de thèses prioritaires, ni de budget alloué. À titre individuel, chacun s'efforce de nouer relations avec des laboratoires étrangers bien équipés, où réaliser ses travaux. La coopération scientifique, formelle ou pas, tiendra lieu longtemps de politique de recherche.

6. L'Université eut pour première mission de former enseignants et cadres administratifs. N'y trouvant pas leur compte, les ministères techniques créèrent peu à peu leurs écoles, formant ingénieurs et commerciaux. Tutelle, statut et mission des personnels diffèrent de ceux de l'Éducation nationale. D'abord marginal, ce « secteur » fut plus tard présenté comme modèle et s'étendit dans les années 1970.

7. Pour simplifier et résumer, on peut distinguer deux styles de science : l'un, plus « académique », plus ancré dans l'Université, plus lié au statut de l'enseignant chercheur ; l'autre d'esprit plus « ingénieur », plus présent dans les écoles et les centres, plus lié à l'aval, dont les personnels manquent pour l'heure d'un statut propre.

Ce cadrage a été très apprécié des experts, pour préparer leur mission. Il a aussi servi à organiser leurs déplacements, de sorte que la variété des établissements soit visitée. La dimension historique, une bibliographie abondante, un répertoire des sources, de nombreux tableaux et annexes en font un document de référence.

2.2. Le cadrage « bibliométrique »

Rappelons le principe. Il s'agit de qualifier finement la recherche marocaine par un output mesurable. La publication en est un : c'est en principe le but de tous les chercheurs⁸. De grandes bases bibliographiques enregistrent tous leurs articles parus dans un vaste jeu de revues. Nous avons choisi deux bases généralistes (couvrant 6 000 revues – les meilleures – dans l'ensemble des disciplines qui nous intéressent). Nous en avons extrait l'ensemble des articles publiés en 10 ans par des auteurs déclarant une affiliation institutionnelle au Maroc. Nous avons réparti ces articles en 100 sous-domaines scientifiques, et nous avons examiné leur origine par ville, par institution, par année et par auteur.

On dispose ainsi d'une vue d'ensemble du champ scientifique. On peut aussi procéder à des comparaisons, par périodes et avec d'autres pays. Les résultats peuvent être présentés sous deux angles.

Le premier fait ressortir *l'essor de la science marocaine* : entre les années 1990 et 2001, la production a quadruplé. Cette progression, exceptionnelle à l'échelle du monde, a permis au pays de s'installer solidement à la place de 3^e *producteur de science en Afrique*⁹. Il a nettement dépassé le Nigeria (qui paraissait inatteignable, et qui a décliné) le Kenya et la Tunisie¹⁰. Des points forts s'affirment notamment en mathématiques ; en physique nucléaire ; en chimie générale ; en océanographie, en biologie et zoologie marines ; en géologie (plus qu'en géophysique) ; et dans certaines sciences de l'ingénieur : en élevage et médecine vétérinaire ; en métallurgie et génie civil... Dans le domaine de la santé, ressortent la neurologie, la cardiologie, l'imagerie médicale ; et la génétique (plus que la microbiologie). Ces données sont à confronter aux avis d'experts : elles les recourent très souvent, signe encourageant pour la bibliométrie (voir chapitre 5, « Bibliométrie fine »).

La seconde partie des résultats caractérise la situation actuelle (5 dernières années). Elle fait ressortir que la croissance se poursuit. Mais l'essor fléchit¹¹. Une transition s'annonce. Les compétences se différencient et se redistribuent

8. Pour une discussion de cette assertion, voir le chapitre « Bibliométrie ».

9. Sans surprise, il reste devancé par l'Afrique du sud (4 fois plus puissante, leader dans presque tous les compartiments) et par l'Égypte (2 à 3 fois plus active, notamment forte en sciences de l'ingénieur).

10. L'Algérie vient ensuite, puis un peloton d'une dizaine de plus petits pays scientifiques.

11. Reste à l'expliquer : les rapports d'expert nous en apprennent plus.

dans l'espace (voir chapitre 5, « Bibliométrie fine »). Ce qui ne laisse pas de poser des problèmes de masse critique, d'équipement partagé, et de coordination. Une génération pionnière s'apprête à passer le flambeau. Ce qui pose la question de la motivation, et du modèle de professionnalisation des nouveaux chercheurs.

Les données bibliométriques ont rendu de nombreux services. Elles ont permis d'apprécier le volume de chercheurs « actifs » (de l'ordre de 4 000, bien en deçà du « potentiel théorique » : environ 16 000, si l'on compte tous les « enseignants chercheurs » ; il reste donc une marge de progression pour la recherche marocaine). Elles ont permis d'évaluer le nombre d'équipes ou laboratoires qui publient (environ 800). En l'absence d'autres données sur la productivité, elles ont aussi permis de *choisir les sites* à faire visiter aux experts¹² (voir chapitre 5, « Bibliométrie fine »).

Malgré ses évidentes limites (il sous estime la production des sciences appliquées ; il enregistre les travaux avec certain délai ; il couvre mal les quelques revues locales...), l'outil est performant, robuste et fidèle (les rapports d'experts le confirment). Avec de légers ajustements des codages, il se remet à jour chaque année. C'est un bon instrument pour tenir un *tableau de bord*.

2.3. Un questionnaire aux laboratoires

Un questionnaire a été adressé *par mail* aux laboratoires. Il portait sur des aspects difficiles à saisir systématiquement lors des visites d'experts, notamment : la composition du laboratoire, le budget, les collaborations nationales et internationales, l'équipement et sa maintenance, la documentation, la production et la valorisation des résultats. Il devait surtout couvrir *l'ensemble* des laboratoires (ou un échantillon représentatif), au contraire des visites d'experts, nécessairement sélectives.

Soigneusement élaboré dans sa forme et son fonds, le questionnaire a fait l'objet d'un sévère pré-test. Sa gestion a pris valeur de test méthodologique. Ce qui semblait le plus simple a été le plus difficile : trouver les adresses mail où envoyer le fichier. On s'aperçut à cette occasion que *nul répertoire des « laboratoires »* n'existait, car ils n'ont *pas d'existence officielle* (pas de statut, de budget, donc pas de rapport d'activités). Il a fallu construire un annuaire, avec l'aide du ministère de la Recherche. Par la suite, le mail a montré de nombreux avantages. Il a facilité l'envoi de rappels, et d'éventuelles demandes d'éclaircissements. Mais il a aussi exigé un suivi quotidien. Les enquêtés ont fait preuve d'une grande bonne volonté pour répondre. Mais leurs adresses volatiles n'ont pas permis de tous les joindre.

Avec un très bon taux de 500 réponses sur quelque 800 laboratoires identifiés, les résultats obtenus sont établis sur un vaste échantillon d'unités de

12. Par principe : ceux où les publications sont les plus régulières et nombreuses.

recherche. Ils fixent des ordres de grandeur fiables. Et ils ont l'intérêt d'être parfois inattendus. Voici les principaux.

La *taille* moyenne des laboratoires avoisine 7 personnes. Ce n'est pas très différent de la taille moyenne des « équipes » en Europe. L'étonnant concerne ici l'importance de la population de doctorants : 2, pour 4 (enseignants-)chercheurs, et 1 ITA.

En moyenne, les laboratoires disposeraient d'un *budget* de 16 000 DH par an et par chercheur (doctorants compris). Mais les situations sont très diversifiées¹³. Le fait saillant est que les financements nationaux irriguent désormais visiblement les laboratoires (les PARS et PROTARS occupant en ce domaine un place majeure).

Bien que le secteur privé et les collectivités publiques participent peu au financement¹⁴, les *collaborations* avec eux sont beaucoup plus nombreuses qu'on ne le dit. 80 % des laboratoires ont des collaborations nationales. Un quart d'entre elles se réalise avec le secteur privé. Ces collaborations sont aussi nombreuses que les collaborations internationales¹⁵.

La presque totalité des responsables estime son unité *insuffisamment équipée*. La maintenance est une préoccupation ; mais tout autant la lenteur de la gestion et la lourdeur des procédures administratives. Un souci majeur concerne l'accès à une *documentation* « chaude ».

La publication s'effectue en revues internationales, et très peu nationales. S'ajoutent à peu près autant de communications en colloques. Les chiffres recourent ceux de la bibliométrie. La « *productivité* » moyenne (1 article tous les 2 ans) laisse une marge de progression. Comme partout, la production est toutefois très concentrée ; un cinquième des laboratoires présente des scores largement supérieurs.

La valorisation revêt des formes multiples. Les brevets sont rares. La *réponse à la demande socio-économique* est plus informelle, et plus directe. Elle repose sur la formation permanente (dispensée par moitié des laboratoires), la R & D (moitié des laboratoires fait état d'au moins une application dans les 5 dernières années – revendication à valider) ; et la pérennisation des relations avec certains opérateurs économiques (appel en expertise, collaborations en matière de R & D).

13. Moitié des unités dispose en moyenne de 3 000 DH par chercheur et par an (à l'époque : 10 DH = environ 1 euro). À l'autre bout du spectre, un quart des laboratoires dispose de dix à trente fois plus. Ces fonds supplémentaires résultent d'appels d'offre remportés, au Maroc ou à l'étranger.

14. Nous parlons ici de la rémunération de services, d'études ou de R & D ; non de la dotation recherche, assurée par les tutelles.

15. Sur ce dernier plan, la France est le principal partenaire (deux tiers des coopérations). Une diversification est en cours (Espagne en tête, mais aussi Belgique, Allemagne, Italie et Canada).

3. L'avis des experts

L'évaluation proprement dite est revenue à une vingtaine d'experts européens, assistés d'autant d'experts marocains. C'est le cœur de l'opération. Les experts européens couvraient à eux tous l'ensemble des disciplines. Il était demandé à chacun de visiter un choix de laboratoires, et de faire rapport sur ses observations : état des laboratoires, intérêt des sujets abordés, structuration... ; mais aussi aspirations, interrogations et projets des chercheurs, rencontrés lors des réunions organisées sur site.

3.1. Retour sur la méthode

J'ai mentionné ailleurs (chapitre 1, « De la méthode ») les conditions posées au recrutement des experts. On leur demandait d'être simultanément : de haut niveau académique ; versés dans l'application ; directeurs d'équipes expérimentées, et évaluateurs confirmés. Ils ne devaient avoir aucun intérêt courant au Maroc. J'ai rapporté aussi comment s'effectua le choix des sites à visiter : sur la base objective de la bibliométrie, corrigée à la marge par l'adjonction de grandes institutions de recherche appliquée ou privée¹⁶. Les chefs d'établissement pouvaient ajouter certains laboratoires à ceux dont la visite était chez eux programmée ; et les chercheurs n'étaient pas tenus de participer aux rencontres organisées *in situ*.

En pratique, l'opération a été ressentie comme un signe de considération de la part du gouvernement, et comme une marque de véritable intérêt de la part du Ministère. La qualité humaine des experts et la minutieuse préparation y sont pour beaucoup. La durée de l'opération également : si les premières visites ont été parfois reçues avec scepticisme, leur répétition et leur acuité les ont fait prendre au sérieux. Rappelons que les experts ont parcouru quelque 50 000 km, visité 13 des 14 universités, l'essentiel des Instituts de recherche et des Ecoles d'ingénieurs, et plusieurs des sociétés (semi-publiques ou privées) réalisant de la R & D. Quatre cents « laboratoires » ont été visités, et 1 500 chercheurs ont assisté aux réunions organisées sur site ; soit, peut on penser, un tiers à la moitié du potentiel national actif en recherche.

La méthode s'est révélée *parfaitement adaptée à la taille* de la communauté scientifique marocaine. La visite rendue sur place par des scientifiques étrangers et expérimentés a suscité l'intérêt, et levé de grands espoirs de relance et de reconnaissance de la recherche. Elle rencontrait une attente du milieu.

3.2. Diagnostic rapide

Les experts européens ont ensuite mûrement rédigé leurs Rapports, soutenus en atelier de restitution. Ces rapports ne sont ni naïfs ni complaisants. Je ne

16. Ces établissements sont sous estimés par l'approche publications (voir discussion au chapitre 5, « Bibliométrie fine »).

prétends pas ici exprimer leur richesse : ils valent d'être lus intégralement¹⁷. Je m'en tiens aux remarques sur lesquelles, avec des nuances selon les domaines, les avis convergent. Plus que de notations éparses, il s'agit d'une même vision d'ensemble.

Au dire des experts, la recherche marocaine est à la **croisée des chemins**.

D'une part, les 20 dernières années ont vu l'essor puissant et continu de la production et des capacités. Le Maroc, nous l'avons dit, vient de s'installer au 3^e rang des producteurs de science en Afrique. Le pays dispose aujourd'hui, dans la majorité des disciplines, **d'un nombre important de chercheurs** de bon niveau, personnellement insérés sur la scène internationale, et pour beaucoup soucieux de servir leur pays. En outre, depuis peu d'années, un **ministère dédié très actif** a pris de nombreuses initiatives, mis en place des budgets incitatifs, soutenu des regroupements, amorcé l'évaluation, lancé des outils nationaux de soutien aux unités (liaison informatique, documentation...).

Mais un **système** de recherche reste à **structurer, et à relier à l'innovation**.

L'investissement est fait. Il s'agit aujourd'hui de le faire fructifier, en le « plaçant » judicieusement. C'est possible, à peu de frais. Les paragraphes suivants détaillent ce diagnostic.

3.3. Point fort et talon d'Achille : les chercheurs

1. Le point fort de la recherche marocaine réside dans *la qualité de ses chercheurs*. La croissance de long terme de la production scientifique en témoigne. Les experts confirment et qualifient ce fait : on lira dans leurs rapports les détails, et les variantes selon les disciplines.
2. Le moteur principal de cette croissance a été la réalisation de thèses, exigées pour la passation des grades universitaires. Or, *ce moteur s'épuise*. La plupart des impétrants sont maintenant habilités ; la progression dans la carrière n'exige guère plus rien d'eux en matière de recherche ; et le recrutement de nouveaux enseignants n'est pas à l'ordre du jour (en tous cas pas à l'échelle de la période précédente). Il devient essentiel de trouver de nouvelles incitations, susceptibles y compris d'attirer doctorants et jeunes chercheurs.
3. Si *un moteur nouveau* n'est pas trouvé, le capital, construit à grands efforts, va rapidement s'étioler. Des signes avant coureurs sont sensibles. Passée la thèse, nombre de chercheurs tournent leur énergie vers d'autres activités (plus profitables à titre personnel). Selon les lieux, on estime à un quart à un tiers ceux qui restent actifs en recherche. Les liens internationaux, individuels, se distendent. Et les équipes actives risquent de n'avoir guère d'autre choix que d'exercer le métier dans le cadre d'une division mondiale du travail,

17. Voir ministère délégué à la Recherche, *Atelier national sur l'évaluation du système de la recherche scientifique dans les domaines des sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur*, Rabat, 26-27 mai 2003, rapport d'évaluation, 3 volumes, MESFCRS.

où elles prennent place en tant que sous traitants (comme au cours de la préparation des thèses à l'étranger).

4. En outre, le potentiel est dispersé (dans des établissements aux statuts différents, parfois sans mission de recherche affichée). Il est atomisé (résultat des formations individuelles, sur des sujets pointus, au hasard des lieux de formation), et nourri de relations internationales verticales, sans qu'une *communauté scientifique nationale* ait eu les moyens ni le temps de se bâtir (avec son rôle régulateur, d'organisation de rencontres, de stimulation et de propositions)
5. Tout cela rend délicat le choix par les chercheurs des meilleurs thèmes de recherche. L'accès autonome à la documentation scientifique est difficile. L'expérience des grands programmes internationaux (sciento-industriels notamment) manque souvent pour percevoir les enjeux et les opportunités (y compris commerciaux), liés à l'avancement des sciences. Le désir de travailler sur des thèmes nationaux n'est pas toujours raisonné en fonction d'outils sûrs d'évaluation de la pertinence, de l'efficacité et de la faisabilité des sujets.

Notamment, pour être *pertinent*, il ne suffit pas qu'un thème ait rapport au Maroc. Il faut qu'il corresponde à une niche anticipatrice, économiquement et scientifiquement. Pour le choisir, il faut donc tenir compte de l'avancement des sciences, localement et dans le monde ; et des opportunités d'aval (quels usagers, quels « repreneurs » des résultats ?).

6. Il est bien sûr de notables réussites en ce sens au Maroc. Les experts les relèvent, et les analysent pour montrer comment construire une *stratégie opportune de choix de sujet*¹⁸. Mais l'élaboration de ces stratégies ne peut reposer sur les seuls chercheurs. Il faut qu'elles soient régulées par une communauté scientifique ; il faut qu'elles se lient à l'environnement socio-économique ; il faut surtout qu'elles soient orientées et soutenues par les *autorités nationales*.

3.4. Point fort et nécessaire persévérance : la création d'un ministère dédié et les chantiers qu'il a ouverts

Sur ce dernier plan, les récentes avancées sont extrêmement sensibles.

La création d'un ministère dédié a représenté une avancée décisive.

L'établissement d'un *Comité interministériel* spécialisé (dont l'un des premiers gestes a été d'avaliser l'évaluation externe) fournit le lieu où penser une programmation cohérente, et répartir les tâches. Dans des domaines

18. Voir troisième partie : diagnostic d'experts, notamment les chapitre sur la médecine, physique, chimie des substances naturelles, information-communication, sciences de la mer.

comme ceux de l'eau, de la mer, de la santé, de l'agriculture..., il y a différentes sortes de mission de recherche ; il y a, par exemple, des problèmes de santé qui sont de la responsabilité du ministère dédié, et des problèmes d'excellence scientifique qui sont liés, et qui relèvent du ministère de la recherche. On peut imaginer désormais des programmes nationaux transverses, et un partage des interventions qui harmonise les opérations.

Le soutien qui a été le plus sensible aux unités de base a correspondu à la mise en place de *crédits incitatifs*, pour l'essentiel les PARS et les PROTARS. Les chercheurs ne les ont pas seulement reçus comme un ballon d'oxygène ; ils les ont perçus comme une marque bienvenue d'attention ; et ils jouent le jeu des appels d'offre avec ardeur.

Cette disposition a permis aussi d'introduire les éléments d'une *culture d'évaluation* et d'en rôder les rouages. L'agrément des formations doctorales avait anticipé en ce sens, et suscité les premiers *regroupements* de personnes. Le soutien, aujourd'hui attribué à des « *pôles de compétence* », pousse le mouvement plus loin en accompagnant le regroupement d'équipes.

La mise en place d'un réseau d'information interuniversitaire (Marwan), et la budgétisation d'unités centrales d'appui à la recherche (dont un Institut de documentation : IMIST) alimentent les conversations. Les experts ont constaté que toutes ces initiatives ont été reçues avec vive satisfaction par les chercheurs actifs, qui entrent pleinement dans leur jeu.

Un considérable *travail législatif* a été réalisé. Il est moins immédiatement perceptible à la base, mais tout aussi important. Les décrets relatifs à l'année sabbatique, et à l'entrée hors douane de l'équipement scientifique ont été publiés. Des efforts sont en cours pour la mise en place de bourses doctorales. L'autonomie des établissements devrait ouvrir un champ d'initiatives immense...

Ces actions sur de multiples fronts ont ouvert les bons chantiers, pour surmonter les handicaps encore existants de la recherche nationale, et en tirer le meilleur parti.

3.5. Point faible, mais en transformation : le système de recherche

Son capital de scientifiques est une aubaine pour le Maroc. Pour prendre une place nouvelle dans la division internationale du travail, comprendre la société et corriger les inégalités, le pays est tenu à un bond en avant. Il a besoin d'expertise nationale, d'imagination technologique, de capacités à comprendre et anticiper les évolutions. La pratique d'une recherche « orientée » – y compris en sciences de base –, conduite dans un cadre international, peut l'y aider puissamment.

Mais il n'y suffit pas des capacités scientifiques. L'activité doit s'organiser en « système ». Qu'est-ce à dire ? La médecine nous a rendu la notion familière : nous savons que nous avons un système nerveux, un système digestif, un système de circulation du sang... Le système est partiellement autonome, car

il a *sa fonction*. Il se compose *d'organes*, aux rôles spécifiques ; ces organes sont liés : si l'un d'eux faillit, le but est manqué. Le système est *coordonné* : l'information y circule en temps réel, pour aboutir au résultat visé. Le système est *orienté* : il a un objectif, et s'auto-corrige spontanément.

En matière de recherche, le Maroc dispose bien des *éléments* du système : d'établissements qui s'y livrent ; d'outils de coordination ; d'équipements et de budgets ; de pratiques et de valeurs enracinées chez les chercheurs « actifs »... Paradoxalement, la difficulté de fond est peut être que la *fonction* reste à reconnaître. Tout se passe comme si on disposait par exemple des yeux, du cerveau, des nerfs optiques, sans avoir découvert l'existence d'une fonction de la vision.

Certes, la fonction de recherche est officiellement incluse dans les missions de l'université, comme dans celles des Instituts dédiés. Mais il s'agit d'autre chose : que la recherche ne soit plus poursuivie comme un sous produit (de l'enseignement), un auxiliaire (de la mission de service), une sous-traitance (de sujets étrangers) ; mais qu'elle soit reconnue comme ayant un *rôle spécifique*.

Nombre d'experts signalent cette nécessité de prendre claire conscience des *buts* de la recherche ; d'inscrire ses objectifs dans un plan distinct au sein des établissements ; et d'organiser en propre sa régulation. Chacun dans son domaine fournit de fortes raisons d'y procéder.

Certaines de ces raisons sont largement admises : par exemple la nécessité de pratiquer la recherche pour délivrer des enseignements à jour ; mais les Universités préparant leur autonomie pourraient aussi considérer que *c'est par la recherche qu'elles acquerront un label*. Dans les établissements publics marocains, l'enseignement supérieur est partout de qualité. Ce qui retient l'attention (celle de l'environnement, de clients, d'étudiants en quête de qualifications reconnaissables), c'est la renommée de réussites prestigieuses, et la garantie de réalisations pratiques.

Il est d'autres raisons, plus fortes, de cultiver la recherche. Je reprends quelques pistes développées par les experts. Si l'on prend au sérieux la fonction de recherche, on peut raisonnablement en attendre :

- la meilleure valorisation de ressources naturelles (chimie) ;
- la création d'emplois substituant ceux qui se perdent (STIC) ;
- la découverte de ressources impensées (mer, substances naturelles) ;
- l'économie d'ingénierie importée (divers génies) ;
- une meilleure surveillance des risques (systèmes d'alerte et de précaution adaptés : mer, géophysique, géologie fine des villes...) ;
- une mise à niveau régulière de l'agriculture (matériel végétal, lutte contre les parasites...) ;
- ...
- et de façon générale, la lutte moderne contre des fléaux récurrents (déforestation, sécheresse), l'action contre des maux prochains (pollution, maladies...), la capacité de maîtriser des systèmes complexes (eau, agriculture, santé... grâce à la modélisation mathématique).

J'invite vivement à lire les suggestions de sujets imaginatives faites par les experts. Il faut remarquer, avec eux, que nombre de travaux existent déjà, particulièrement bien orientés ; mais souvent méconnus et peu valorisés. Plutôt que d'épiloguer sur ce paradoxe, il s'agit d'identifier les obstacles chroniques, qui empêchent la recherche *pour elle-même* de réaliser tout son potentiel.

Les experts, à leur propre surprise et malgré la diversité de leurs spécialités, ont convergé sur leur énumération. De la faible reconnaissance de la fonction résultent *quatre lignes de faiblesse, remédiables*. Elles concernent : certains moyens, les masses critiques, l'évaluation, et les rapports avec le monde économique et la société. En résumé, le point de vue des experts est le suivant :

À propos des moyens

Au-delà d'efforts notables et remarqués par les experts, ceux-ci font ressortir :

Concernant l'équipement : celui des universités reste trop limité pour autoriser non seulement la conduite de recherches raisonnablement ambitieuses, mais la proposition de services crédibles aux entreprises alentour¹⁹. Au-delà des dotations spéciales, récemment accordées par le ministère aux Facultés, et qui méritent d'être poursuivies, trois points restent à organiser : la maintenance (budget, techniciens dédiés, unité centrale de dépannage), la mutualisation (plateformes de très gros équipement), et l'accessibilité (commodités d'accueil sur les sites mutualisés, et facilités de déplacement pour chercheurs éloignés : à budgéter dans le cadre des plateformes).

Concernant la documentation : c'est la clé d'une recherche autonome. Il n'y a sans doute pas de solution autre que nationale, avec abonnement collectif auprès des grands éditeurs scientifiques, et transmission électronique. Ce pourrait être la première mission de l'IMIST.

Concernant les ressources humaines : il est essentiel d'attirer de jeunes chercheurs (doctorants...) ; et probablement utile d'imaginer des gratifications pour les chercheurs actifs.

Concernant les procédures administratives : contrôle et gestion nécessitent des règles mieux adaptées, jusqu'aux détails (acquisition de consommables, rechapitrages...). L'autonomie des établissements (tenant si possible des comptes par projet ou par laboratoire) devrait y aider puissamment.

19. Leur équipement devrait être programmé avec ce double souci, et donner lieu à des laboratoires « certifiés qualité ». Certaines facultés ont entrepris d'édifier des bâtiments recherche, et/ou de mutualiser la dotation annuelle pour acquérir de gros équipements partagés. C'est une bonne voie. D'autres efforts sont à consentir par le ministère, et par les universités elles mêmes pour être vraiment à niveau.

À propos des masses critiques

Selon les disciplines, les experts ont des opinions différentes sur la « bonne taille » des unités de base. Ils s'accordent néanmoins pour considérer que les équipes présentes sont (trop) petites pour conduire des programmes à hauteur de leurs capacités, mobiliser sur projet la diversité de compétences requises²⁰, et dépasser la sous-traitance.

La plupart prônent la création de « laboratoires », agréés sur projet, donc labélisés, évalués et financés.

Ils considèrent toutefois que les rassemblements sont de la responsabilité des chercheurs. Ils préconisent une *incitation* aux regroupements volontaires. Ils insistent sur la nécessité d'une évaluation périodique, d'un agrément strict, d'un effort de publicité des labels accordés, avec pour contrepartie un soutien de base assuré, et la reconnaissance des obligations du responsable (décharges de service...).

L'action de soutien à des réseaux et pôles de compétence initiée par le Ministère est bien positionnée. Les experts soulignent toutefois qu'en plusieurs domaines, il faudra veiller peu à peu à ce que leurs programmes et leur acquisition de matériel permettent la coopération en R & D avec le secteur productif.

À propos de l'évaluation scientifique

C'est le cœur du système de recherche. Elle est indispensable à tous ses acteurs. C'est une référence pour les chercheurs eux-mêmes. C'est un instrument de management pour les décideurs. Et c'est un moyen puissant de faire connaître et reconnaître la recherche nationale dans la compétition internationale.

L'évaluation devrait concerner les établissements (sur la base de leur « plan recherche »), les laboratoires, et les personnes assujetties à un service de recherche²¹. Ses critères doivent être clairs, adaptés et affichés.

L'évaluation est d'abord un miroir, pas un jugement. Il est certain néanmoins qu'il faut lui trouver des sanctions positives. Une « *prime de productivité* » devrait être assurée aux personnels actifs (sous des formes qui restent à déterminer : bonus significatif de carrière, complément de rémunération, aménagement des fonctions et du temps de travail, intéressement aux bénéfices de l'activité...). Le budget des laboratoires et des établissements pourrait être modulé en fonction de leurs résultats.

Un système d'évaluation crédible doit s'appuyer sur les représentants d'une communauté scientifique structurée. Cette structuration ne se décrète pas. Elle ne peut résulter que d'un mouvement interne du milieu des spécialistes.

20. Voir l'exemple de la carte géologique, in « Rapport sur les Sciences de la Terre ».

21. Le cas (fréquent) de personnels retirés de l'activité, n'effectuant que de la consultance, de l'encadrement d'étudiants, ou une thèse personnelle est évidemment embarrassant. Des solutions sont proposées à cet égard. On peut tenir compte de services indirects (mais vérifiables) rendus à la recherche.

Mais ce pourrait être une préoccupation centrale des autorités que d'encourager et faciliter tout effort en ce sens : organes structurants, associations, rencontres et revues nationales. Ces autorités mêmes ont besoin, à leur proximité et pour les conseiller, de représentants compétents, et disposant de la confiance de leurs collègues, au sein de chaque grand domaine.

À l'évaluation se lie la délicate question du *choix des sujets* de recherche.

Les experts rappellent que la recherche a une double fonction : avancée des connaissances, et utilité sociale. Quel que soit le but poursuivi, deux mêmes questions reviennent : quelle pertinence ? quelle efficacité ? Les critères seuls diffèrent. A un bout du spectre (recherche de base) la pertinence consiste à se situer dans les fronts « chauds » de la science monde, et l'efficacité se mesure aux citations reçues par les publications. À l'autre bout (développement, démonstration), la pertinence consiste à être proche d'un besoin local (quitte à créer la demande) ; et l'efficacité s'apprécie à la reprise vérifiable des résultats par un opérateur socio-économique, dans un délai raisonnable.

Le choix de sujets nécessite une connaissance directe de l'avancement des sciences dans le monde, et une bonne information sur les opportunités d'aval (quel marché – local ou international – quels usagers, quels repreneurs ?). Un bon sujet se bâtit sur *un avantage comparatif marocain, dans une niche anticipatrice*.

De ce point de vue, il faut se défier de la sous-traitance de la science étrangère. Certes, on peut en tirer parti. Le Maroc a besoin de rester lié à la science de pointe ; non de la réinventer. Mais il faut éviter que la sous-traitance devienne aveugle et continuelle. Il faut l'intégrer à une stratégie autonome. Il faut savoir quelle place elle assigne dans la division du travail scientifique, et dans les grands enjeux technologiques. Il faut comprendre si elle sert au simple entretien d'une pratique, à la mise à jour, ou à la montée en gamme ; si elle se réduit à la consolidation de la science mondiale, ou si elle introduit à ses avant postes et à la compétition internationale.

3.6. Relations avec le monde productif

C'est un important chapitre de presque tous les rapports par domaine.

Les experts ont noté la méconnaissance des deux mondes (recherche et société – et notamment recherche/entreprise). Ils ne s'en étonnent pas : le phénomène existe ailleurs²². Les deux entités ont par construction des intérêts différents²³. Mais il existe des plages de recouvrement. Le questionnaire

22. La Commission européenne a dépensé de grands efforts et beaucoup d'imagination, pour réussir le rapprochement dans quelques domaines stratégiques...

23. Les entrepreneurs sont d'abord préoccupés de consolider l'appareil productif, plutôt que d'innover – et surtout d'innover sur le plan technique. Les chercheurs resteront soucieux avant tout de publier, dans les meilleures revues ; seuls des critères d'évaluation adaptés peuvent tempérer cette disposition exclusive.

aux laboratoires marocains a fait apparaître qu'elles sont plus importantes qu'on ne croit en ce pays. Mais les collaborations nouées (et souvent durables) sont largement informelles, gratuites, et liées à l'interconnaissance aléatoire des personnes.

Les experts soulignent pourtant qu'il n'est pas pensable de conduire des recherches de qualité (en particulier dans les domaines techniques et transdisciplinaires) sans lien avec un secteur productif qui en porte le projet jusqu'au terme (développement, démonstration).

Il faut par contre lever un certain nombre de confusions :

- les chercheurs ne sont pas toujours bien disposés ni placés pour identifier les bons sujets de recherche (appliquée)²⁴ ;
- la science publique n'est pas tenue, par l'urgence, de se dévouer toute et tout de suite à l'application et au développement²⁵ ;
- mais il n'est pas honteux ni interdit d'amorcer des relations avec de potentiels clients, en leur proposant des formations continues, en réalisant pour eux de petites recherches appliquées, ou en s'organisant pour vendre les produits (calibrés) du laboratoire²⁶ ;
- cependant une activité de service, qui est de routine, ne constitue pas une recherche. On ne saurait non plus confondre consultance (ou encadrement de TD) et recherche.

Les difficultés actuelles entre recherche et entreprise tiennent, d'après les experts au *manque de repères* de part et d'autre, et à certaine *culture de gratuité* excessive.

Repères : les chercheurs émiettés manquent de visibilité, et les équipements dont ils disposent ne les accréditent pas pour des partenariats. Symétriquement, beaucoup méconnaissent les attentes et les exigences d'usagers potentiels. Un certain nombre de clients affichent leurs doutes sur la capacité des chercheurs à intégrer les contraintes de l'opérationnalité.

On recourt pourtant à leurs services dans le cadre de consultances privées, ou comme par bienveillance, pour des études non financées et en accueillant des thésards dont les ouvrages serviront de référence. Au vrai, le besoin d'études est mal reconnu, y compris par les services publics. On en tire parti, mais la culture n'est pas de les payer (sauf ingénierie). La culture des cher-

24. Plusieurs experts (Physique, Génie mécanique...) recommandent de procéder, soigneusement, à un diagnostic stratégique des besoins des entreprises (qui ne sont pas toujours pensés ou exprimés). Il s'agira de le divulguer largement auprès des chercheurs.

25. Une part raisonnable des budgets doit être consacrée à l'entretien d'une recherche de base, réservoir d'idées et moniteur des avancées internationales.

26. Certaines écoles financent opportunément partie de leurs *recherches* avec les bénéfices qui en découlent.

cheurs est aussi de gratuité, dans le double sens du terme (non payant et sans mobile utilitaire).

Ces malentendus sont remédiables. On peut envisager dans un premier temps de : *labéliser* un certain nombre de laboratoires, et de les équiper de façon crédible (en fonction des besoins de service avérés alentour) ; de porter à la connaissance des chercheurs un « *diagnostic stratégique* des besoins des entreprises » ; et de donner *publicité* aux labels accordés et aux collaborations réussies.

On peut d'autre part chercher à *contractualiser* plus équitablement les relations (ce qui suppose une cellule spécialisée d'aide au démarchage et à la passation de conventions) ; envisager d'intéresser les chercheurs aux bénéfices (ou améliorer leur équipement) ; et intégrer dans leur évaluation des critères portant sur la valorisation, sous toutes formes abouties (R & D, développement, démonstration). La recherche et l'obtention de contrats seraient autant de points positifs, le temps consacré aux collaborations servirait d'indicateur d'activité de l'établissement. Au lieu d'une dépréciation (ou de l'indifférence) académique, une véritable évaluation de la portée des opérations de *recherche* réalisées entrerait en ligne de compte.

Pour conclure

Il est évident que les experts se sont pris d'intérêt pour un milieu scientifique auquel ils accordent considération ; et pour un pays qui peut tirer grand profit de cette capacité scientifique installée – par endroits impressionnante.

Il est vrai que certaines équipes ont accompli, avec de faibles moyens des exploits.

Ce n'est pas une mince affaire que d'avoir pris en charge – comme une équipe de l'ENIM – plusieurs feuillets de la carte géologique du pays et d'avoir construit un consortium international pour compléter les compétences manquant en son sein. C'est une réussite d'avoir conduit, comme telle jeune femme volontaire, des collectivités locales à payer – fût ce *a minima* – des études en sciences de la Terre particulièrement opportunes. C'en est une autre, pour un laboratoire de traitement du signal, de s'être positionné comme l'un des groupes « Européens », spécialistes de la connaissance et de la reproduction des matières et techniques utilisées par les arts populaires d'âge classique. C'est un capital insoupçonné que celui d'un grand mathématicien de la décision, spécialité mondialement des plus recherchée ; ou de cliniciens de haut vol, cités par la médecine internationale.

On ne saurait rendre assez hommage aux quelque 300 chercheurs, qui produisent à eux seuls près du tiers de la science marocaine répertoriée ; ou aux jeunes scientifiques qui s'évertuent à faire valoir leur plein d'idées, à jour et originales, auprès d'un monde socio-économique parfois sidéré.

Il est aussi évident que depuis quelques années, l'Autorité en charge de la Recherche a vigoureusement ouvert les bons chantiers ; et qu'il agit sur tous les fronts pour surmonter les handicaps encore existants de la recherche nationale. Qu'il s'agisse de financement, d'équipement, de regroupement et de développement des ressources humaines, de coopération et d'évaluation, les goulots d'étranglement sont identifiés, et l'effort est engagé pour améliorer l'efficacité.

Le souci de chacun est de trouver les meilleures voies de reconnaissance, de reproduction et de valorisation du remarquable potentiel existant. C'est à cet objectif que les experts se sont efforcés, eux aussi, d'apporter leur honnête contribution.

ANNEXE

Thèmes de discussion proposés aux ateliers transversaux (mai 2003) lors de l'Atelier national sur l'évaluation du système de la recherche scientifique au Maroc.

1. *Mission de recherche, Planification et tableau de bord.*
 - La mission de recherche en divers types d'établissement ; son inscription dans un plan distinctif, au sein de l'établissement
 - Évaluation des établissements.
 - Tableau de bord.
2. *L'organisation de la recherche*
 - Qu'est ce qu'un « *laboratoire* » ? Création. Agrément. Conséquences (financement ; prérogatives et responsabilités d'un « directeur de laboratoire »).
 - Appels d'offre et autres formes de *structuration* (instituts d'excellence, réseaux, agences... Revues et associations scientifiques...).
 - *L'évaluation* des programmes et des institutions.
3. *Les ressources humaines*
 - La *profession* de chercheur. Statuts et carrières. Cas des ingénieurs, techniciens et administratifs de la recherche.
 - Contribution **effective** à la recherche, *évaluation* ; **incitations**.
 - Chercheurs débutants. Bourses doctorales (secteur public ; bourses industrielles)
 - Formation continue des chercheurs. Sabbatique. Passerelles et reconversions.
4. *Budgets et financement*
 - *Soutien de base* (réservé à des « Laboratoires » agréés ? Proportionné aux résultats ?)
 - *Appels d'offre*, budgets incitatifs...

- *Ressources propres* : Financement par formation continue, service et consultation. Contrats de R & D : bureau d'aide au démarchage, à la négociation et à la gestion de contrats.
 - Problème des modalités du contrôle (*a priori, a posteriori*, marchés publics, etc.).
5. *Équipement*
- *Plateformes techniques* (= partage et gestion des *moyens lourds*; Agence qui en a la charge).
 - *Information scientifique* (déplacements à congrès, accès aux revues, Marwan...).
 - *Maintenance* et acquisition des équipements (techniciens, budget d'entretien).
6. *Coopération internationale*
- Accords de coopération.
 - Fonctions (aide financière, mise à jour, montée en gamme ?)
 - Coopérations « libres ». Sous-traitance.
7. Relations avec le *secteur productif*
- Accords de *service* : Formation continue ; analyses ; réglementation de la consultation.
 - Recherche appliquée, *développement et démonstration*. Intéressement des chercheurs et des institutions. Évaluation positive de l'activité. Problèmes d'efficacité (délais, moyens, engagement de responsabilité, qualité sûre et stable).
 - *Bourses doctorales industrielles*. *Contrats* de recherche. Propriété intellectuelle.
 - *Interface* et rencontres. Clubs, incubateurs, *cellules de valorisation*.

Les débats se sont appuyés sur les rapports d'experts, le cadrage issu de l'évaluation, et divers documents établis *ad hoc* par l'Autorité en charge de la Recherche. Les recommandations sont publiées.

Leçons et suites

AHMED EL HATTAB ET SAID BELCADI

1. Introduction

Durant l'année 2003, à la demande de l'autorité gouvernementale chargée de la recherche scientifique, le système national marocain de recherche a fait l'objet d'une évaluation par des experts de l'Union européenne. Cette évaluation concernait les domaines des sciences exactes, des sciences de la vie et des sciences de l'ingénieur.

Le présent chapitre a pour objectifs, d'une part, de dégager les leçons tirées de cette évaluation ; d'autre part, de voir dans quelle mesure les recommandations qui en ont découlé ont été mises en application. Il s'agit enfin d'examiner si ces recommandations ont été utiles pour la continuité de l'œuvre de construction du système national de recherche.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il est bon de dire quelques mots des intentions initiales. La démarche adoptée répond à la volonté politique du gouvernement, maintes fois déclarée à partir de 1998, de faire de la recherche une composante essentielle de la politique de développement du pays. Pour traduire cette décision, il s'agissait de bâtir un *système* crédible, performant, durable et orienté (définition de priorités nationales).

Au préalable, il convenait d'analyser l'existant pour essayer de répondre à quelques grandes questions : Le système actuel de recherche possède-t-il les moyens et les capacités d'une structure nationale, dont les composantes participent d'une manière active et interactive au développement scientifique, technologique, économique, social et culturel du pays ?

Autrement dit, le système actuel de recherche répond-t-il aux attentes des pouvoirs politiques ? à celles des institutions ? à celles des chercheurs et enseignants chercheurs ? à celles du monde socio-économique et de la société ?

C'est ici qu'intervient le choix d'une évaluation *externe*. Le ministre qui en prit l'initiative s'est expliqué sur ce qu'on pouvait en attendre : d'abord, de développer la culture même de l'évaluation au Maroc ; ensuite de faire connaître et reconnaître, sur le plan national et international, la valeur de la recherche marocaine : il s'agissait de convaincre, ici et ailleurs, décideurs et opérateurs économiques qu'elle ne relève pas d'un « luxe », mais qu'elle peut fonctionner en effet comme « levier du développement ». Enfin, bien sûr, le *regard extérieur* des experts devait permettre d'apprécier, sans complaisance et dans un contexte de compétition internationale, les forces et faiblesses du potentiel existant.

Les principaux objectifs attendus de l'évaluation étaient donc de :

- diagnostiquer le système pour bien connaître ses composantes, ses performances et son impact sur le développement et sur la production des connaissances ;
- d'une manière générale, bien cerner ses forces et ses faiblesses ;
- formuler des recommandations pertinentes dont la mise en application permettrait de capitaliser et de renforcer ses atouts et remédier à ses faiblesses.

En fin de course, on peut juger que l'évaluation effectuée par les experts européens a bien apporté des éléments de réponse aux questions posées. Outre un nombre de rapports riches, auxquels il est toujours utile de se référer en détail, par disciplines ou par grands domaines, elle a livré des synthèses qui convergent en un diagnostic simple et quelques propositions claires. Elle a mis en exergue les forces et les faiblesses du système, en les rapportant à un petit nombre de chapitres : ses instances de régulation, ses ressources humaines, ses infrastructures, son financement, et ses retombées sur le développement socio-économique.

2. Principales leçons

Il faut d'abord noter qu'au moment de l'opération, les composantes du système (chercheurs, établissements, programmes et projets, infrastructures) n'avaient jamais encore fait l'objet d'aucune évaluation institutionnelle, ni interne ni externe. L'évaluation réalisée par les experts européens était donc une première, périlleuse, dont l'enjeu pouvait paraître dérisoire ou démesuré aux intéressés ; mais qui pouvait aussi, si elle réussissait, revêtir une importance capitale pour la connaissance et le devenir de ce système.

Afin d'atténuer les risques de l'opération, celle-ci fut cadrée par une préparation minutieuse, et la construction de toutes sortes de données complémentaires : une étude bibliométrique, un questionnaire aux laboratoires, et le dépouillement d'une très abondante documentation, rassemblée par le Ministère. En outre, et peut-être surtout, la plus grande attention fut portée à l'information de tous les responsables concernés (notamment les chefs d'établissements). Et la démarche des experts, visitant sur site les chercheurs dans leurs laboratoires, fit large part aux entrevues, et aux concertations patientes avec les opérateurs directs. La principale leçon à tirer est que du fait sans doute de cette préparation, et de la qualité humaine des intervenants extérieurs, l'action non seulement atteignit ses objectifs, mais suscita l'intérêt des parties concernées.

L'opération d'évaluation a donc été *bien accueillie* non seulement par les instances responsables de la régulation de la recherche mais aussi par la communauté scientifique nationale. Les chercheurs y ont vu une opportunité inattendue de faire valoir leurs travaux scientifiques auprès de connaisseurs indiscutables ;

et de faire part de leurs inquiétudes, face aux problèmes que leur posait la gestion quotidienne de leur activité. D'une manière générale, l'opération a été positivement accueillie à tel point que beaucoup de chercheurs et d'enseignants chercheurs n'ont pas hésité à manifester leur mécontentement, parce que l'occasion ne leur avait pas été donnée de rencontrer les experts évaluateurs.

S'agissant des instances de régulation de la recherche, leur satisfaction fut de disposer pour la première fois d'indicateurs et d'informations synthétiques, leur donnant une meilleure lisibilité du système national de recherche. La leçon est celle de l'intérêt des outils utilisés à cette fin, combinés en un tableau de bord aisé à remettre à jour. C'est un instrument précieux pour guider l'orientation, la planification, la programmation et le financement des activités de recherche. D'une manière générale, l'évaluation a démontré la nécessité de mieux organiser le système, ses structures et ses infrastructures. Elle a centré l'attention sur le besoin de valoriser ses ressources humaines, de coordonner ses activités, de renforcer son financement et d'améliorer ses liens avec son environnement socio-économique. Plusieurs grands chantiers ont été lancés à la suite de l'évaluation. L'un des premiers concerne (et c'était une recommandation) la structuration de la recherche en équipes, laboratoires et centres de recherche. Cette structuration, actuellement bien avancée (nous y reviendrons), est censée augmenter les performances et la visibilité du système, et faciliter l'intervention des instances de régulation de façon appropriée pour améliorer son efficacité et son rendement.

Pour les universités enfin, l'évaluation a été un facteur de stimulation. Les leçons tirées consistent dans un regain d'attention à la recherche, et une plus grande prise de conscience de son rôle dans le développement régional. À ce propos, bon nombre d'enseignants chercheurs essaient d'affiner leurs thématiques de recherche pour les adapter aux besoins des différents secteurs socio-économiques, notamment ceux implantés dans la région où évoluent leurs universités. C'est ce que reflètent clairement les nouveaux « projets d'établissement » des universités en matière de recherche (dispositif lui aussi recommandé). À travers ces projets, les universités ont cherché à dynamiser les niches d'excellence que l'évaluation a révélées.

De tous ces points de vue, l'évaluation a pleinement atteint ses objectifs. Elle a décortiqué, de façon convaincante, le système national de recherche. Elle en a fait paraître, sans parti pris, les forces comme les faiblesses. Elle a non seulement proposé des orientations nécessaires à sa mise à niveau ; mais les rapports, dans leur détail, constituent un réservoir de suggestions sur des mesures possibles, inventives et opératoires. Il s'agit maintenant de voir quelles sont les suites qui ont été réservées aux orientations et recommandations formulées par les experts européens et quels sont les impacts qu'elles ont eus sur l'amélioration des performances du système national de recherche.

Bien évidemment, ces recommandations ont servi et serviront en premier lieu à l'autorité gouvernementale chargée de la recherche pour orienter son

action. Mais également aux universités, aux établissements d'enseignement et/ou de recherche, et aux enseignants chercheurs eux-mêmes, préparant ou anticipant les changements que connaît le système. Elles peuvent aussi servir aux partenaires, qui entretiennent des relations de collaboration (industrie) ou de coopération avec les différentes composantes de ce dernier.

3. Suites

Nous traiterons ici de l'utilisation par l'autorité gouvernementale des recommandations et des orientations formulées par les experts européens, pour améliorer les performances du système national de recherche. Sans revenir en détail sur les riches propositions contenues dans l'évaluation, rappelons ici les grandes lignes.

La recommandation majeure est de promouvoir la fonction de recherche pour elle-même. Cette préoccupation se décline en diverses mesures : inscrire la recherche comme un chapitre spécial, dans des « plans d'établissement » que l'État négocierait avec chacun d'eux ; établir ses institutions propres (ministère dédié avec ses instances, commissions d'évaluation, vice-présidents spécialisés en chaque établissement), disposer d'une vision et d'une stratégie de choix de sujets (ceux où le Maroc dispose d'un avantage comparatif dans des niches anticipatrices, pas seulement dans des domaines « traditionnels ») ; dépasser la subordination à l'enseignement, l'utilité immédiate, et la sous-traitance mondiale.

Cinq grands terrains d'action sont ensuite mentionnés :

- valoriser les ressources humaines (avec les problèmes d'attrait de la profession, de statut, de bourses doctorales, et *d'incitation* des chercheurs à l'activité) ;
- renforcer les moyens (équipements lourds, partagés ; documentation « chaude », au quotidien sur le bureau des chercheurs ; procédures de gestion adaptées) ;
- faire émerger des masses critiques (prioritairement : organiser des « laboratoires » ; orienter et financer réseaux et pôles de compétence ; soutenir la structuration de communautés de spécialistes) ;
- évaluer (personnels, programmes, établissements : problème de commissions *ad hoc*, indiscutables, et de sanctions positives : modulation des budgets, des carrières) ;
- améliorer les relations avec le monde économique et la société (donner des repères aux uns et aux autres ; équiper, labéliser et rendre visibles des laboratoires de référence ; organiser des lieux et des dispositifs de rencontre : clubs, interfaces, incubateurs ; donner publicité aux collaborations réussies ; valoriser dans les évaluations la réalisation de R & D).

On peut dire que ces suggestions ont servi, dans une première étape, à bien cadrer et cibler la mise en application des projets prévus dans le *plan quinquennal 2000-2004*.

Dans une deuxième étape, elles ont contribué à l'élaboration d'un *plan d'action* pour la période 2004-2007, centré autour de trois grands axes à savoir :

- *organisation et structuration de la recherche; amélioration des conditions de travail des chercheurs marocains;*
- *mise en place au niveau national d'infrastructures de recherche et de plateformes technologiques;*
- *encouragement de l'excellence et de la qualité; développement de la culture de l'évaluation et de l'auto évaluation.*

Nous examinerons les projets et réalisations liés à ce plan d'action.

3.1. Structuration (premier grand axe du plan d'action 2004-2007)

L'évaluation avait bien montré les progrès que représentaient, depuis 1988, la création d'un *Comité permanent interministériel* de la Recherche scientifique et du Développement technique, et la restructuration du *Centre national de coordination et de planification* de la Recherche scientifique et Technique. Elle soulignait néanmoins que des efforts restaient à fournir en matière d'organisation, de structuration, et de coordination. Elle insistait aussi sur le grand besoin de valoriser et de remobiliser les ressources humaines. Le Plan d'action 2004-2007 a traduit ces recommandations en plusieurs chantiers.

STRUCTURATION DE LA RECHERCHE DANS LES UNIVERSITÉS

Le chantier le plus important, déterminant pour l'amélioration des performances du système national de recherche, porte sur la structuration de cette recherche dans les universités et les établissements d'enseignement supérieur. Cette structuration a été entreprise à la suite de la *journée nationale*, tenue le **24 mai 2004**, où il a été décidé d'organiser la recherche selon quatre niveaux à savoir : équipe, laboratoire, centre d'étude et de recherche, et réseau inter-universitaire. Leurs caractéristiques et leur mode de fonctionnement sont normalisés sur les plans administratif et scientifique. Les structures répondant aux normes sont reconnues par les universités, sous forme d'une accréditation grâce à laquelle elles deviennent éligibles à un financement sur la base de proposition de projets. Plusieurs universités ont achevé ce chantier et ont déjà accordé des financements à leurs structures.

Il est certain que cette structuration a eu un impact positif sur la gestion de la recherche au sein des universités. Les établissements ont maintenant une vision claire de leur potentiel : ressources humaines, équipements, infrastructures, thématiques de recherche. La planification et la programmation des activités scientifiques s'en trouvent facilitées. Les universités, et les secteurs

économiques et sociaux intéressés, disposent aujourd'hui d'interlocuteurs qui ne sont plus des individus mais des entités organisées, reconnues par les différentes instances officielles (Conseils d'université et d'établissement), dirigées par des organes dûment constitués et régies par des règlements eux-mêmes validés par les autorités qualifiées.

La structuration a conduit aussi à mieux prendre en considération la recherche. La plupart des universités ont désormais nommé un vice président spécialisé (et les facultés des vice doyens). Des budgets dédiés sont identifiés. La tendance est à la mutualisation des moyens disponibles, à la création de synergies et de masses critiques. Par endroits, une négociation est entamée pour mettre en rapport les crédits avec les performances.

Une politique d'établissement se fait jour. C'est ce dont ont tenu compte les universités en élaborant pour la première fois en 2004 leurs *projets d'établissements* en matière de recherche. Ceux ci ont leur propre effet structurant puisqu'ils portent sur la réalisation de projets de recherche sur des thématiques prioritaires, sur le renforcement et/ou l'acquisition d'équipements scientifiques et sur la création de nouvelles structures de recherche et/ou de service.

Ainsi, les projets d'établissement :

- couvrent tous les champs disciplinaires et mettent en exergue la pluridisciplinarité ;
- concernent la recherche fondamentale et la recherche appliquée ;
- prennent en compte la résolution de problèmes locaux ou régionaux (Environnement, assainissement, santé, compétitivité des entreprises, gestion de l'eau, aménagement du territoire, histoire et patrimoine culturel, technologies de l'information, agriculture, etc.).

Par ailleurs, ces projets d'établissement ont prévu et permis le renforcement des équipements scientifiques des laboratoires, celui des réseaux informatiques et celui de la documentation scientifique et technique. Certains se sont engagés dans la création de nouvelles infrastructures : bâtiments recherche, plateformes technologiques (centres d'analyse et de mesures, centres de maintenance, centres de calcul). Plusieurs ont établi des interfaces pour la valorisation de la recherche. Quelques uns ont créé des centres de recherche, et des centres de documentation en ligne.

À noter également que la structuration de la recherche dans les universités connaîtra un nouveau palier, avec la prochaine mise en place des *écoles doctorales*. Ce projet accrédi-tera des laboratoires d'accueil en même temps que les formations habilitées, et normalisera leur fonctionnement par l'adoption d'un cahier national de normes pédagogiques.

RESTRUCTURATION DES PÔLES DE COMPÉTENCES

Suite aux recommandations de la journée nationale organisée en mai 2004, une restructuration des pôles de compétence est aussi engagée. Elle a pour but

d'améliorer leur fonctionnement administratif et scientifique, et de leur assurer de meilleures conditions de travail.

Les experts européens avaient visité quelques-uns de ces pôles, comme le Réseau national des sciences et techniques de la mer (REMER), le Pôle de compétences sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) et le Pôle de compétences neurogénétique (PCNG). Ils avaient apprécié leur philosophie.

Il s'agit d'aider une recherche de qualité à émerger dans des thématiques intéressantes et prometteuses pour le développement scientifique, technologique, économique ou social du pays. Ce développement doit se faire à travers la mise en commun des ressources humaines et des moyens financiers et matériels qui permettront aux Pôles de compétences d'évoluer à plus ou moins long terme vers l'excellence. Le rôle du ministère consiste à favoriser cette synergie et ce regroupement en accordant à ces pôles un financement pour leur fonctionnement et leur équipement.

La restructuration des pôles de compétences vise à mettre en place de nouvelles règles du partenariat qui lie ces pôles au ministère. Le nouveau partenariat est caractérisé en particulier par le fait que ces pôles ne seront plus considérés comme des structures pérennes mais comme des structures contractuelles. Leur existence, le renouvellement de leur budget de fonctionnement et l'octroi de toute nouvelle subvention seront tributaires de la satisfaction d'un certain nombre d'exigences sur une durée de trois ans.

Autrement dit, l'existence des pôles de compétences sera tributaire des résultats auxquels ils seront parvenus en répondant aux exigences stipulées dans un cahier de charges. Leurs performances feront l'objet d'une évaluation annuelle, à l'occasion du renouvellement de leurs budgets de fonctionnement, à mi-parcours et à la fin de la contractualisation.

LE RAPPROCHEMENT UNIVERSITÉS-ENTREPRISES.

VALORISATION DE LA RECHERCHE ET PROMOTION DE LA RECHERCHE DÉVELOPPEMENT ET DE L'INNOVATION

L'évaluation effectuée par les experts européens a fait ressortir la faiblesse de l'articulation de la recherche avec les besoins socio-économiques et, par conséquent, l'insignifiance de la valorisation des résultats de cette recherche par ses utilisateurs potentiels notamment les industriels. Pour remédier à cette situation, des efforts appréciables ont été fournis par l'autorité gouvernementale chargée de la recherche pour établir des ponts solides et pérennes entre les opérateurs publics de la recherche et les différents acteurs économiques. L'action comporte deux volets : d'une part, la mise en place d'un système d'incitations pour encourager les investissements dans la recherche développement ; d'autre part, la création de mécanismes permettant un transfert de savoir, de savoir-faire et de technologie vers l'entreprise.

a) S'agissant du cadre incitatif, un plan national pour l'innovation a été élaboré. Il s'articule autour de trois grandes catégories d'incitations : des avantages fiscaux, ou concernant l'infrastructure et le recrutement de compétences, à condition d'un transfert de technologie, ou d'un investissement en recherche-développement. C'est ainsi que moyennant des facilités d'ordre fiscal et foncier, quatre conventions ont été signées entre l'État et des entreprises étrangères pour la délocalisation de certaines activités de recherche-développement à savoir :

- STmicroelectronics dans le domaine des composants électroniques ;
- Matra Automobile Engineering dans le domaine du design automobile ;
- Lead Design dans le domaine de la conception intellectuelle et la réalisation matérielle de circuits intégrés électroniques ;
- Teuchos, filiale du groupe européen Safran, dans le domaine de R & D et conception de composants avioniques et de l'espace.

b) S'agissant des mécanismes facilitant un transfert de savoir, de savoir-faire et de technologie vers l'entreprise, quatre structures dédiées à la valorisation de la recherche ont vu le jour :

- Réseau marocain d'incubation et d'essaiage (RMIE) ;
- Réseau de génie industriel (RGI) ;
- Réseau de diffusion technologique (RDT) ;
- Structures d'interfaces université-entreprise.

Le Réseau maroc incubation essaiage (RMIE) a pour mission de générer des emplois via la création d'entreprises innovantes. Il englobe 9 incubateurs abritant 28 projets financés sur un total de 60 projets reçus par le comité de sélection. Trois entreprises sont en phase finale de création. Il est à signaler que l'incubation commence à donner des fruits puisque la première entreprise (1^{re} spin-off) issue de cette incubation a été créée en septembre 2005 sous la dénomination de « Société NABATOP » (université Cadi Ayyad Marrakech). Elle exploite des produits du cactus dans le domaine de l'agroalimentaire et de la cosmétique.

Le RGI a pour mission d'accompagner les entreprises dans leurs démarches d'amélioration de la productivité. Il leur offre son soutien sous la forme d'une Prestation technologique réseau (PTR). Le RGI met aussi en place des cursus de formation technique en génie industriel.

Le RDT est géré par le département de l'Industrie en partenariat avec le département de l'Enseignement supérieur, de la Formation des cadres et de la Recherche scientifique. Sa mission est de favoriser l'innovation et le développement technologique au sein de l'entreprise.

Quant aux structures d'Interfaces Université-Entreprise, elles ont pris leur essor à l'issue d'une journée nationale organisée en mars 2004. Actuellement, 20 structures d'interfaces sont créées dans les établissements d'enseignement supérieur avec un effectif de 180 personnes ressources qui ont déjà bénéficié,

moyennant un budget de 1 MDH, d'une première formation pour la professionnalisation de leur travail au sein de ces structures.

3.2. L'amélioration des conditions de travail (premier grand axe du plan d'action 2004-2007, suite)

Dans le cadre du volet « Amélioration des conditions de travail des chercheurs marocains » relevant du premier axe du plan d'action 2004-2007, des efforts ont été fournis en particulier pour mettre en place un *statut du chercheur* et pour encourager la participation des chercheurs marocains résidant à l'étranger au développement de la recherche scientifique dans leur pays d'origine.

VALORISATION DES RESSOURCES HUMAINES : LE STATUT DU CHERCHEUR

S'agissant du statut du chercheur l'autorité gouvernementale chargée de la recherche s'est attachée à sensibiliser les décideurs de tous niveaux : premier ministère, gouvernement et parlement. En particulier, lors de la dernière réunion du Comité permanent interministériel de la Recherche scientifique et du Développement technologique, qui a eu lieu le 21 février 2006 sous la présidence du Premier ministre, le problème a été repoussé. Les membres de ce comité se sont accordés sur l'importance capitale que revêt cette question pour parachever la structuration de la recherche au niveau national, et pour motiver les chercheurs qui exercent dans les établissements publics de recherche. On peut espérer que cette épineuse question, cruciale (mais pour une trop « petite » catégorie de personnes), soit rapidement résolue pour le mieux.

LA PARTICIPATION DES CHERCHEURS MAROCAINS RÉSIDANT À L'ÉTRANGER

S'agissant de la participation des chercheurs marocains résidant à l'étranger au développement de la recherche scientifique, un Forum international des compétences marocaines à l'étranger (FINCOME) a été mis en place. Il répond à une stratégie élaborée par l'autorité gouvernementale chargée de la recherche, qui a pour principal objectif l'encouragement de ces compétences à participer d'une manière active aux efforts de construction du système national de recherche.

Dans ce cadre, plusieurs chercheurs ont participé à la mise en place au Maroc de centres de développement par des multinationales (STmicroelectronics, Matra, Lead Design, etc.). Certains ont été à l'origine de la création du laboratoire international associé en chimie (LIA), partagé par le CNRS français et le CNRST du Maroc ; d'autres ont apporté leur expertise pour la création prochaine de plateformes technologiques (UATRS de santé et biologie, grille nationale de calcul, etc.) ou de structures spécialisées de recherche.

3.3. Les infrastructures (deuxième grand axe du plan d'action 2004-2007)

S'agissant du deuxième axe du plan d'action 2004-2007, en l'occurrence, la mise en place au niveau national d'infrastructures de recherche et de plateformes technologiques, trois grandes réalisations méritent d'être signalées à savoir :

- les Unités d'appui technique à la recherche scientifique (UATRS);
- l'Institut marocain d'information scientifique et technique (IMIST);
- le réseau Marwan.

LES UNITÉS D'APPUI TECHNIQUE À LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Les UATRS sont des lieux où sont regroupés des équipements scientifiques lourds d'analyse et de mesure, modernes, gérés par un personnel hautement qualifié (Enseignants chercheurs, ingénieurs et techniciens) et mis à la disposition de la communauté scientifique et des opérateurs économiques.

Depuis 2005, deux unités sont opérationnelles dans les domaines de l'analyse chimique et de la physico-chimie des matériaux (Caractérisation des matériaux). Une troisième unité dans les domaines des sciences de la vie et de la santé sera opérationnelle courant 2007.

Les deux premières abritent une dizaine d'équipements sophistiqués à savoir :

Pour les analyses Élémentaires

- Analyseur organique CHNOS
- Spectromètre à torche plasma
- Spectromètre à fluorescence X

Pour les analyses moléculaires

- Spectrométrie de masse couplée CPG
- Spectrométrie de masse couplée HPLC
- Spectrométrie infrarouge-RAMAN
- Résonance Magnétique Nucléaire

Pour les analyses structurales

- Microscope électronique à balayage couplé EDX
- Microscope électronique à transmission couplé EDX
- Diffractomètre à rayons X pour monocristaux
- Diffractomètre à rayons pour poudre.

Les retombées de ces unités sur la recherche ne sont pas à démontrer. Elles ont permis aux enseignants chercheurs et aux chercheurs d'élargir le spectre de leurs travaux à des thèmes pointus relevant de l'environnement, de l'agro-alimentaire, des matériaux, de l'énergie, de la santé, du secteur pharmaceutique, de la biotechnologie, etc., jusque là non étudiés à cause du manque d'équipement. La recherche a ainsi réalisé un saut qualitatif qui lui permet de devenir réellement un instrument de développement. Elle gagne non seulement en intérêt pour les enseignants chercheurs, mais aussi en crédibilité auprès des opérateurs socio-économiques.

LE RÉSEAU MARWAN

Le réseau informatique Marwan a lui aussi connu un saut qualitatif important. Dédié exclusivement à l'enseignement supérieur et à la recherche et connectant entre eux 85 établissements d'enseignement supérieur, son débit est passé de 2 à 34 Mbps. Il est par ailleurs relié au réseau européen GEANT. Son débit passera prochainement à 155 Mbps.

La disponibilité de l'information scientifique et technique en temps réel est essentielle pour l'avancement des travaux de recherche et pour la production des connaissances. Avec Marwan et plus tard avec l'IMIST, les enseignants chercheurs et les chercheurs disposent d'un instrument moderne d'accès à l'information au niveau national et international.

L'INSTITUT MAROCAIN DE L'INFORMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

L'IMIST a pour missions la collecte, le traitement de l'information scientifique et technique et sa diffusion auprès de la communauté scientifique (mais aussi des opérateurs socio-économiques). Il sera opérationnel en 2007. D'ores et déjà il met à la disposition de ses utilisateurs une base de données sur les compétences nationales ; et il assure une veille scientifique et technologique par la publication de bulletins spécialisés.

L'abonnement aux sources de documentation scientifique et technique en ligne était, aux yeux des experts européens, la première tâche à remplir et le service majeur à rendre aux chercheurs. Elle est prévue, mais en est pour l'instant à l'étape de définition.

Par contre, un autre objectif a été ajouté (également suggéré par plusieurs rapports d'experts). C'est la constitution d'un catalogue des thèses, jamais encore réalisé. Il devrait permettre de se faire une meilleure idée sur la production scientifique nationale et de mieux orienter la recherche – notamment au niveau des futures écoles doctorales.

D'une manière générale, avec l'IMIST, le système national de recherche remédiera à l'une de ses faiblesses principales, identifiée par les experts évaluateurs : en l'occurrence, la non disponibilité et la dispersion de l'information scientifique et technique (et l'absence de Tableau de bord, à la réalisation duquel l'IMIST pourrait s'attacher).

STRUCTURES SPÉCIALISÉES DE RECHERCHE

Toujours dans le cadre du deuxième axe du plan d'action 2004-2007 et dans le souci d'une meilleure structuration de la recherche et du renforcement de ses capacités, le système national de recherche a été consolidé par la mise en place de structures spécialisées de recherche. Cette initiative est en ligne avec les recommandations des experts évaluateurs, invitant l'autorité gouvernementale à capitaliser les atouts et les acquis et à mieux exploiter les niches d'excellence abritées par certaines universités.

Dans cette optique, s'inscrit l'Institut des plantes aromatiques et médicinales à l'université Sidi Mohamed Ben Abdallah de Fès, qui va permettre la promotion de la recherche appliquée et de la recherche développement dans les domaines de la pharmacologie, de la cosmétique et de l'agroalimentaire. Dans la même optique, le Centre d'études et de recherche sur l'eau et l'énergie à l'université Cadi Ayyad de Marrakech est en phase de création. Le premier établissement permettra de valoriser l'important patrimoine végétal dont dispose le Maroc alors que le deuxième permettra de mettre en synergie le potentiel humain et le savoir-faire existants en la matière dans les universités et les établissements nationaux de recherche. Il constituera une référence nationale en matière de gestion de l'eau et de l'énergie, deux biens de plus en plus rares. Ce sera un instrument incontournable pour l'aide à la prise de décision.

3.4. Qualité et Excellence (troisième grand axe du plan d'action 2004-2007)

S'agissant du troisième axe du plan d'action 2004-2007, à savoir encouragement de l'excellence et de la qualité; et développement de la culture de l'évaluation et de l'auto évaluation, le système national de recherche a connu une avancée importante à partir de 2004.

BOURSES DE RECHERCHE

Cette avancée s'est concrétisée par la mise en place du programme de bourses de recherche pour encourager la qualité et l'excellence dans les études doctorales. Ces bourses, au nombre de 600 par an à partir de 2006, sont octroyées, toutes disciplines confondues à raison de 2 300 DH/an¹ pour une durée de trois ans, aux meilleurs étudiants titulaires d'un diplôme d'études supérieures approfondies (DESA) afin qu'ils poursuivent un Doctorat. Ce programme a un effet structurant puisqu'il permet la *promotion de l'excellence* et l'orientation de la recherche vers des thématiques prioritaires. Par ailleurs, il permet de faire face à une faiblesse relevée par les experts évaluateurs relativement au vieillissement de la population des enseignants chercheurs en particulier dans les universités.

PRIX DE L'EXCELLENCE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE

La promotion de la qualité et de l'excellence se fera également à travers l'instauration d'un prix destiné à récompenser un travail remarquable de recherche ou d'innovation; et d'un autre prix honorant la contribution au développement scientifique et technologique du pays de chercheurs et enseignants chercheurs au long d'une carrière entière. Les deux prix sont des récompenses matérielles, le second comprenant en outre l'attribution d'une médaille. Ils seront inaugurés courant 2006.

1. 10 DH = 1 € environ.

UNITÉS ASSOCIÉES AU CNRST

La mise en place courant 2006 des unités associées au CNRST contribuera également à l'encouragement de la qualité et de l'excellence au sein de la communauté scientifique nationale. Les unités associées seront créées sur la base d'un appel à propositions adressé à toutes les structures de recherche accréditées au niveau national. Ne seront donc éligibles au soutien du CNRST que les structures très performantes, capables de générer une valeur ajoutée pour le système national de recherche.

3.5. Évaluation et Auto-évaluation (troisième grand axe du plan d'action 2004-2007, suite)

L'évaluation apparaît dans les rapports élaborés par les experts européens comme l'une des principales faiblesses du système national de recherche. Si cette évaluation est clairement identifiée comme l'une des responsabilités de l'autorité gouvernementale chargée de la recherche, et des attributions du CNRST, il est à noter *qu'aucune structure institutionnelle n'a été mise en place jusqu'à présent* à cet effet. Cependant, des efforts ont été fournis pour remédier à cette insuffisance. Ces efforts concernent l'auto-évaluation et l'évaluation.

COMITÉS SCIENTIFIQUES DU CNRST

D'après la loi n° 80-00, le CNRST doit être doté d'un conseil scientifique dont la principale mission est d'aider le directeur de ce centre dans la prise de décisions. Le centre dispose par ailleurs de comités scientifiques spécialisés, par discipline ou par grand domaine, dont l'une des principales attributions est l'évaluation des projets et programmes financés par le CNRST.

BILANS ANNUELS DES RÉALISATIONS EN MATIÈRE DE RECHERCHE

En matière d'Auto-évaluation, l'autorité gouvernementale chargée de la recherche publie annuellement un bilan dans lequel il est fait état des réalisations en matière d'organisation, de structuration et de financement de la recherche.

ENQUÊTE NATIONALE SUR LE POTENTIEL SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Une enquête nationale sera menée annuellement auprès de tous les opérateurs de la recherche au niveau national (établissements publics de recherche, universités, établissements d'enseignement supérieur ne relevant pas des universités). Elle portera sur les structures de recherche, les infrastructures, les ressources humaines, le financement, et la production scientifique. Un formulaire basé sur le manuel de Frascati a été élaboré à cet effet. Cette enquête permettra à l'autorité gouvernementale chargée de la recherche d'avoir une vue d'ensemble sur le paysage de la recherche au niveau national. Il s'agit en particulier d'ap-

précier au plus juste les dépenses publiques consacrées à la recherche ; et si possible, d'en mesurer l'impact sur les performances du système national de recherche. Un panorama bibliométrique pourrait être adjoind.

ÉVALUATION DU SYSTÈME NATIONAL DE RECHERCHE DANS LES DOMAINES DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

Cette nouvelle opération d'évaluation globale revêt une importance capitale dans la mesure où elle va, d'une part, compléter celle qui a déjà été effectuée par les experts européens dans les domaines des sciences exactes, des sciences de la vie et des sciences de l'ingénieur et, d'autre part, doter l'autorité gouvernementale des données et informations nécessaires au relèvement d'un secteur de la recherche, qui souffre de nombreux handicaps.

La première phase de cette évaluation a déjà démarré. Elle consiste en un pré-test du questionnaire qui sera administré aux enseignants chercheurs et chercheurs ; un protocole d'entretien est en cours de préparation : il servira aux enquêteurs pour organiser des rencontres avec les responsables des établissements et des structures de recherche. Le champ de l'enquête couvre les domaines suivants : sciences de l'histoire (préhistoire, archéologie, histoire) ; sciences sociales et politiques (ethnologie, anthropologie, sociologie et sciences politiques) ; philosophie, sciences du langage et communication ; littérature et arts (littérature, musicologie...) ; sciences économiques et de gestion ; droit et sciences juridiques ; géographie et aménagement ; sciences des religions ; sciences de l'éducation (didactique, technologie de l'éducation, psychopédagogie...).

ÉVALUATIONS EXTERNES

Une structure et un programme de recherche ont été évalués par des experts externes étrangers. Il s'agit d'un pôle de compétences, et du programme pilote de mise en place de structures d'interfaces.

3.6. Vision et stratégie nationale de recherche

Si le plan d'action 2004-2007 a permis durant 2004 et 2005 de continuer l'œuvre de construction du système national de recherche, ce dernier a souffert de l'absence d'une politique nationale en la matière, fondée sur *une vision et sur une stratégie de long terme*. Partant de ce constat, l'autorité gouvernementale chargée de la recherche a donné mission à une commission scientifique, constituée d'experts nationaux, d'élaborer cette vision et cette stratégie à l'horizon 2025.

Le système national de recherche est actuellement doté de ces deux documents qui tracent les grandes orientations de la politique nationale en matière de recherche sur une durée de 20 ans. La vision et la stratégie *ont tenu compte dans une large mesure des résultats de l'évaluation* du système national de recherche dans les domaines des sciences exactes, des sciences de la vie et des

sciences de l'ingénieur, effectuée par les experts évaluateurs européens. Elle a également tenu compte des données économiques, sociales et culturelles qui caractérisent le Maroc en 2006 et peuvent s'imaginer à terme de vingt ans.

Les grandes orientations de la stratégie tournent autour de la gouvernance du système national de recherche, de son financement, de la mobilisation des ressources humaines, de la valorisation des résultats de la recherche et de la coopération internationale. Un intérêt particulier a été accordé à la promotion de la recherche dans les sciences humaines et sociales.

L'exercice de stratégie a donné l'occasion d'actualiser les priorités nationales en matière de recherche. Certaines, déjà énoncées, ont été maintenues : ainsi des thématiques amélioration de la qualité de la vie ; connaissance, préservation et valorisation des ressources naturelles ; développement socio-économique et culturel ; sciences et technologies de l'information ; agriculture en conditions difficiles ; innovation et compétitivité des entreprises et recherche de base. S'y ajoutent désormais : la gestion des risques, et les biotechnologies.

3.7. Plan d'action 2006-2010

La vision et la stratégie ont été déclinées en un plan d'action couvrant la période 2006-2010. Son principal objectif est la mise à niveau du système national de recherche. Cette mise à niveau concernera principalement sa gouvernance, ses structures, ses moyens et ses méthodes de travail. Il s'agira de capitaliser les acquis positifs de ce système en poursuivant les actions qui les ont initiés, de mieux orienter celles dont les résultats sont douteux et de proposer de nouvelles actions dont les effets positifs sont plausibles.

Les actions programmées peuvent être classées en cinq catégories :

- 11 actions visant la mise à niveau de la gouvernance du SNR ;
- 9 actions liées au renforcement des ressources humaines et à l'amélioration de leur mobilisation ;
- 6 actions liées au financement et à la gestion financière des activités de recherche ;
- 9 actions visant l'amélioration du rendement scientifique et technologique de ces activités ;
- 13 actions en vue de l'amélioration des infrastructures scientifiques, de R & D et de l'innovation.

Pour conclure

L'évaluation, réalisée en 2003 par les experts européens, n'apparaît aujourd'hui ni comme une fantaisie, ni comme une simple opération de communication. Elle a bien été suivie d'effets, et continue d'inspirer l'action.

Elle a établi un standard méthodologique, qui a inspiré de nouvelles démarches d'évaluation (« système » des sciences humaines et sociales), ou de bilan externe (projets ou programmes).

Elle a livré un socle solide de documentation, qui reste une référence souvent consultée.

Elle a mis au point des outils d'analyse, qui sont réutilisables, après adaptation et mise à jour en fonction des besoins courants (questionnaires, indicateurs bibliométriques).

Elle a surtout établi un diagnostic clair et acceptable, assorti de propositions opératoires. Celles-ci, imaginatives, ont été maintes fois réexaminées pour orienter l'action.

Le principal est enfin que l'opération a dégagé une plateforme de dialogue, objet jusqu'aujourd'hui de consensus, entre les autorités de la recherche et ses acteurs directs. Elle a permis d'établir sans conteste la qualité conquise par la recherche marocaine ; et d'identifier, sans faux fuyant, les changements indispensables à la poursuite de son essor : que la responsabilité en revienne aux autorités, ou aux chercheurs eux-mêmes.

Le caractère externe de l'évaluation a donné tout son poids à l'exercice. Le professionnalisme de ses organisateurs, et la qualité des experts retenus ont aussi beaucoup fait pour son acceptation. Le respect témoigné aux chercheurs, sans démagogie, a marqué les esprits.

Les mesures prises depuis lors ne sont évidemment pas l'application mécanique des recommandations d'experts. Elles les transposent ou parfois s'en démarquent ; elles reflètent aussi l'évolution du contexte. Les principales orientations sont néanmoins les mêmes. Et beaucoup reste à puiser dans les Rapports rendus, y compris aujourd'hui où se pose avec acuité la question des stratégies opportunes de choix de niches et de bons sujets de recherche. Les extraits de ces Rapports, ici sélectionnés, y aident significativement. Ils invitent, exemples à l'appui, à prendre en compte non seulement les besoins spécifiques, actuels et prévisibles, liés aux caractéristiques du pays, mais aussi l'avancement des sciences dans le monde et la compétition économique internationale.

CHAPITRE 21

Sources et Bibliographie

MINA KLEICHE DRAY

Sources officielles

- BEPM (1955), *Bulletin de l'enseignement public au Maroc*, 42 (1955), numéro spécial hors série.
- BIM (1947), « Comité franco-marocain de la Recherche scientifique », *Bulletin d'information du Maroc*, n° 5, 31 mars 1947, p. 26-27
- CNR (1997), *Annuaire des Unités de recherche au Maroc*, Rabat : ministère de l'Enseignement supérieur, de la Formation des cadres et de la Recherche.
- DIP (1950), « Bilan 1945-1950 », *La Recherche scientifique*, Rabat : Direction de l'Instruction publique, p. 9-10.
- MESFCRS (janvier 1999), *Préparation du plan quinquennal, 1999-2003*, Commission spécialisée Recherche scientifique, Développement technologique et Ingénierie, p. 16
- Ministère délégué à la Recherche (2003), Atelier national sur l'évaluation du système de la recherche scientifique dans les domaines des sciences exactes, sciences de la vie et sciences de l'ingénieur – 26 et 27 mai 2003, Hay Riad, Rabat, vol. 1 : *Allocutions et Synthèse générale* (61 p.), vol. 2 : *Rapports d'évaluation* (554 p.), vol. 3 : *Système national de recherche scientifique* (163 p.), Rabat, MESFCRS.
- Secrétariat d'État chargé de la Recherche scientifique : *État des lieux de la Recherche Scientifique et Technique au Maroc*, décembre 1998 (rapport non publié).
- Secrétariat d'État chargé de la Recherche scientifique (juin 2000), *La Recherche Scientifique – Situation à la veille du XXI^e siècle*.

Références bibliographiques

- ARVANITIS R. et GAILLARD J. (1992). *Les indicateurs de science pour les pays en développement/Science Indicators in Developing Countries*. Colloques et Séminaires. Paris, Éditions de l'Orstom
- BONNEUIL C. et PETITJEAN P. (1996), « Recherche scientifique et politique coloniale. Les chemins de la création de l'Orstom, du Front populaire à la Libération, 1936-1945 » in PETITJEAN P. (ed.), *Les Sciences coloniales, Figures et Institutions*, Paris : IRD, p. 113-160.
- CNER (1997), *De nouveaux espaces pour l'évaluation de la Recherche*, Paris : Documentation française.
- DOGHRAJI A. (1993), *La production scientifique agricole à l'IAV*, Rabat, Mémoire ESI.

- EL MASSLOUT M. (1999), *La mission inachevée de l'Université marocaine*, Casablanca : Toubkal.
- GAILLARD J., KRISHNA V.V. & WAAST R. (eds) (1997), *Scientific communities in the developing World*. New Delhi : Sage.
- GERARD E. & KLEICHE M. (2002), *Les sciences humaines et sociales au Maroc : repères sur leurs composition et production*, Rabat : CJB/IRD.
- KLEICHE M., « L'Institut pasteur de Tanger (1913-1956) », communication au colloque INERM/IRMC, *La Méditerranée Médicale entre modernité et tradition XIX^e et XX^e siècle*, Hammamet, juin 1994, 10 p.
- KLEICHE M. (2000), *La Recherche Scientifique au Maroc*, Paris : IRD, 103 p.
- LABERGE P. (1987), *Politiques scientifiques du Maghreb : l'implantation du système scientifique dans les sociétés maghrébines de 1830 à 1980*, Thèse de Ph. D., Montreal : université de Montréal.
- LAREDO P. et al. (1999), *A report of the PSR project of the EUTSER programme*, Paris : CSI.
- MERTON ROBERT K. and GASTON JERRY (eds.). *The Sociology of Science in Europe*, Carbondale : Southern Illinois University Press et London : Feffer and Simons, 1977. 383 p.
- MOATASSIME A. (1978), « La politique de l'enseignement au Maroc, 1957 à 1977 », *Maghreb-Machrek*, 79, p. 20-46.
- PAYE L. (1957), *L'Enseignement et la société musulmane. Introduction et évolution de l'enseignement moderne au Maroc*, thèse de doctorat, Tunis : université de Tunis, 482 p.
- ROCHETEAU G. (2000), *Rapport d'évaluation des Programmes d'action intégrés (PAI)*, Paris : GRET.
- SOLLA PRICE D.J. (1963), *Little Science, Big Science*, New York : Columbia University Press.
- SQUALI M. & MERROUNI M. (1981), « La question de l'enseignement au Maroc », in *Bulletin de l'Enseignement Supérieur Marocain BESM*, numéro quadruple 143-144-145-146.
- VERMEREN P. (1996), « Émergence et apogée de la contestation étudiante contre l'État au Maroc (1963-1974) », *Cahiers du CERES, série histoire*, 6, p. 297-305 (Tunis).
- VERMEREN P. (2000), « École, élite et pouvoir au Maroc et en Tunisie au XX^e siècle », Rabat : Alizés, 582 p.
- WAAST R. et P.L. ROSSI (2001), *Les sciences en Afrique, Synthèse bibliométrique* Paris : IRD, 172 p

COLLECTION : L'Observatoire des sociétés

En 2002 et 2003 le gouvernement marocain a fait procéder à une évaluation externe de son système de recherche. Ce livre présente la méthode suivie et ses principaux résultats.

Il détaille les outils préparatoires utilisés (histoire du système, questionnaire aux laboratoires, bibliométrie fine) avec leurs résultats. Ils ont permis de préciser les conditions de la production, d'identifier les sites majeurs, les points forts et les chercheurs actifs du pays. L'ouvrage fait aussi large part au diagnostic, discipline par discipline, de la vingtaine de scientifiques réputés qui ont visité *in situ* les meilleurs laboratoires.

On retiendra que le Maroc a effectué en 20 ans une montée en puissance spectaculaire, qui le met au 3^e rang scientifique en Afrique. Pourtant, le moteur de cet essor s'épuise. Les experts estiment que le « système » est à la croisée des chemins. Ils explicitent les bonnes raisons de faire sur place de la recherche, les stratégies fructueuses de choix de sujet, le bon usage des coopérations. Suivent diverses suggestions, concernant la structuration de la recherche et les choix de « niches » opportunes.

Le diagnostic fait toujours référence au Maroc. Mais la portée de l'ouvrage est plus large. La méthode est transposable en beaucoup d'autres pays, et plus efficace que la plupart des expertises conduites jusqu'ici. Ses instruments d'analyse originaux, et la perspicacité du diagnostic scientifique en ont fait un modèle.

Mina KLEICHE DRAY :

Biochimiste, Historienne des sciences, Mina Kleiche a résidé au Maroc de 1995 à 2004. Elle y a conduit plusieurs enquêtes sur l'histoire de l'agronomie et des agronomes. Elle a également étudié, dans l'actualité, la population des diplômés chômeurs, et l'activité des sciences sociales francophones. C'est elle qui a dirigé sur le terrain le Projet européen d'Evaluation du système de recherche marocain, et rédigé sa partie historique. Chargée de recherches à l'IRD, elle poursuit actuellement sa carrière au Mexique.

Roland WAAST :

Ingénieur de l'Ecole Polytechnique (France) et sociologue, Roland Waast a créé à l'IRD l'équipe de recherche « Sciences, techniques et développement ». Il a aussi fondé, sur le même thème, le réseau international ALFONSO, et la revue *Science, Technology and Society*, qu'il co-dirige. Il a conçu et dirigé l'Evaluation européenne du système Marocain de recherche (2002_2003).

© illustration : diagramme tiré de l'ouvrage « Dynamics of Science-Based Innovation » Hariolf Grupp (Ed.), Springer-Verlag, 1992.

EDITIONS PUBLISUD

15, rue des Cinq Diamants – 75013 Paris

Tél. : 01 45 80 78 50

Fax : 01 45 89 94 15

e-mail : publisud.editions@cegetel.net

<http://editionspublisud.hautefort.com>

ISBN : 978-2-86600-861-8

ISSN : 0993-6904



9 782866 008618